ZUR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DER

QUERGESTREIFTEN MUSKELSUBSTANZ

VON

Dr OTTO NASSE,

O. Ö. PROFESSOR DER MEDICIN, DIRECTOR DES INSTITUTS FÜR PHARMAKOLOGIE UND PHYSIOLOGISCHE CHEMIE IN ROSTOCK.

MIT EINER TAFEL.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1882.

MEINEM LIEBEN VATER

HERMANN NASSE

IN DANKBARKEIT UND VEREHRUNG

GEWIDMET.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 1

I. Untersuchungsmethoden (Anatomische) 3

Untersuchung der frischen Muskeln in Salzlösungen 3

Conservirende Flüssigkeiten 6

Prüfung einer Anzahl von organischen Verbindungen 7

I. Kohlenwasserstoffe 8

II. Alkohole 9

III. Amine 14

IV. Cyanide (Nitrile) 14

V. Senföle 15

VI. Ketone 16

VII. Säuren 16

VIII. Säureamide 20

Werth der Färbungen 20

II. Natur der doppeltbrechenden Substanz 22

Literatur und Begrenzung der Aufgabe 22

Einfluss des Kochens auf das Doppeltbrechungsvermögen 28

Eingeschaltete Bemerkungen über die Coagulation der Eiweisskörper 35

Einfluss gewisser Alkalien und Säuren 39

Einfluss gewisser neutraler Salzlösungen 41

Schlussfolgerung über die Natur der doppeltbrechenden Substanz der Querscheiben 41

Ueber Lösung des Myosins und Fibrins und Wiederausscheidung in doppeltbrechenden Fasern 43

Erklärung der besprochenen Erscheinungen nach C. v. Nägeli's Theorie 45

Nachtrag: Die Untersuchungen von C. Schipiloff und A. Danilewski 47

III. Anatomisches 51

I. Der ruhende Muskel 51

Die Querscheibe 52

Seite
Die Zwischenscheibe 54
Die Nebenscheiben 62
Die Mittelscheibe 64
Die sogenannten Uebergänge zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur 67
Distanz der Streifen 68
II. Der contrahirte Muskel 71
Zusammenstellung des Thatsächlichen 71
Das Zwischenstadium 74
Vergleich des ruhenden mit dem contrahirten Muskel . . 74
IV. Chemie und Chemismus 77
I. Die wesentlichen Bestandtheile 77
Die Eiweisskörper 77
Die Fette 81
Die Kohlehydrate 82
II. Die Starre 84
Die Umwandlung des Glykogens 86
Die Bildung der Milchsäure 88
III. Der Stoffwechsel 95
IV. Natur der chemischen Processe 96
Discussion der Frage ob Fermente die Zersetzungen in den Geweben veranlassen 96
Vergleich von Fermentprocess und Gährung 98
Sitz der Fermente im Muskel 103
Chemische Natur der Fermente 104
Erklärung der Tafel-Figuren 106

Den in dem vorliegenden Schriftchen enthaltenen Mittheilungen thatsächlichen und kritischen Inhalts, deren Veröffentlichung durch verschiedene Umstände sehr hintangehalten worden ist, lag ursprünglich die Absicht zu Grunde, die wesentlichen Eigenschaften des quergestreiften Muskels festzustellen, das heisst diejenigen Eigenschaften, anatomische, chemische und physiologische, die in einer Beschreibung des quergestreiften Muskels nothwendig enthalten sein müssen. Eigenschaften, welche allen quergestreiften Muskeln zukommen, werden offenbar unser Interesse am meisten in Anspruch nehmen. Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass auch andere Qualitäten irgend welcher Art, wie z. B. das Umhülltsein mit einer eigenen Membran (Sarcolemma) oder der Gehalt an Farbstoff (Haemoglobin), unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollen, nicht allein weil sie den Muskeln des menschlichen Körpers eigen sind, sondern auch weil sie vielleicht unter Umständen über die Bedeutung der in erste Linie gestellten Eigenschaften Aufschluss zu geben im Stande sind.

Um die wesentlichen Eigenschaften kennen zu lernen, bleibt, da man nur ganz ausnahmsweise diesen oder jenen Stoff oder diesen oder jenen mit dem Auge zu erkennenden Theil aus dem Muskel fortzuschaffen oder temporär auszuschliessen vermag, hauptsächlich das statistische Verfahren übrig: eine möglichst genaue Untersuchung der quergestreiften Muskulatur der verschiedensten Organismen und, wo es angeht, auch in verschiedenen Entwicklungsstadien. Wie grosse Unvollkommenheiten diese Methode hat, liegt nur allzusehr auf der Hand. Unmöglich ist es, alle in Frage kommenden Organismen zu studiren, schon weil sie oft überhaupt nicht zur Verfügung stehen oder nicht in der richtigen

Menge und Form. Ja bei manchen Thierarten dürfte der geringen Masse der Muskulatur halber eine chemische Untersuchung überhaupt niemals möglich sein. Mit grossem Vorbehalt sind daher auch die Schlüsse aufzunehmen. Wir können meistens nicht beweisen, dass es so sein muss und nicht anders sein kann. Was wir bei derartigen Arbeiten schliesslich als Gesetze bezeichnen, ist stets nur eine Zusammenfassung des vorliegenden thatsächlichen Materials.

Habe ich die Unvollkommenheiten hervorgehoben, zu denen ich noch hinzuzufügen habe, dass ich die Muskelphysik ganz bei Seite gelassen habe, so muss ich andererseits aber auch vorausschicken, dass ich an vielen Punkten über das gesteckte Ziel hinausgegangen bin, vielleicht sogar zu wenig. So habe ich wohl öfters die glatte Muskulatur mit berücksichtigt, — konnte ich mich doch schon der Erörterung der Berechtigung, dieselbe von der quergestreiften Muskulatur zu trennen, nicht entziehen — aber fast gar nicht das contractile Protoplasma. So bleibt denn die weitere Aufgabe, aufzusuchen, was der contractilen Substanz überhaupt gemeinsam ist. Dass ich ferner auf einige allgemeinere physiologische Fragen eingegangen bin, ist wohl ebenfalls begreiflich.

Bei vielen Besprechungen habe ich mich bezogen auf meinen Artikel „Chemie und Stoffwechsel der Muskeln“ im ersten Bande von L. Hermann's Handbuch der Physiologie, den ich im Folgenden stets ganz kurz unter Chem. u. Stoffw. d. Muskeln citiren werde, bei dessen Abfassung Manches von dem hier Mitgetheilten bereits feststand, dem Plane des Handbuches nach aber keine Aufnahme in demselben finden konnte, zumal meist eine kurze Wiedergabe ohne Beweisführung nicht genügte.

I.

Untersuchungsmethoden.

(Anatomische)

Die so oft wiederholte Ermahnung, die Gewebe in frischem, d. h. in physiologisch frischem Zustand zu untersuchen, kann auch bei dem Studium des feineren Baues des Muskels nicht genug beherzigt werden. Da es aber meist nicht möglich ist, den Muskel im Thiere selbst zu untersuchen, die günstigste Bedingung sich somit nicht erfüllen lässt, so wird es sich darum handeln, passende Zusatzflüssigkeiten für den ausgeschnittenen Muskel zu finden, in welchen seine Lebenseigenschaften, gemessen an der Contractionsfähigkeit, möglichst lange erhalten bleiben. Diese Flüssigkeiten — von dem Blutserum sehen wir dabei ganz ab — zerfallen in zwei, übrigens nicht ganz scharf von einander zu trennende Gruppen.

In den Flüssigkeiten der ersten Gruppe, Salzlösungen von bestimmter Concentration, vor Allem Lösungen neutraler Natriumsalze, bleibt die Erregbarkeit erhalten, und es bleibt ausserdem der Muskel in Ruhe, es treten nicht sogenannte spontane Contractionen ein, die oft sehr störend einwirken können durch Verschieben des Präparates, sowie durch bleibende Verkürzung des in Folge der Reibung an der Wiederausdehnung gehinderten Muskels. Solcher Salzlösungen kennt man viele, verdünnte Kochsalzlösungen sind bisher die gebräuchlichsten gewesen.

Contractionen, weil selbst oft Gegenstand der Untersuchung, können aber andererseits sogar erwünscht sein, dann greift man zu den Flüssigkeiten der zweiten Gruppe, ebenfalls Lösungen von Natriumsalzen, aber

verschiedene Natriumverbindungen enthaltend. Nächst der von KÜHNE[1]) empfohlenen wässrigen Lösung von 5 grm NaCl und 2,5 grm Na_2HPO_4 in 1 Litre scheint die BIEDERMANN'sche[2]) mit 5 grm NaCl, 2 grm Na_2HPO_4 und 0,4—0,5 grm Na_2CO_3 im Litre sich sehr vorzüglich für Froschmuskeln zu eignen. Die gleichen Flüssigkeiten würden natürlich auch verwendet werden können, wenn der Muskel im postvitalen Zustande, besonders etwa im Rigor untersucht werden sollte.

Diesen beiden Gruppen möchte ich nun noch eine dritte anreihen, umfassend Flüssigkeiten, in welchen der Muskel zwar seine Erregbarkeit einbüsst, die postvitalen Veränderungen indessen in ihm nicht zur Entwicklung kommen, die ja bei isolirten Muskelfasern auch in den denkbar günstigsten Lösungen unter dem Deckglas sich nur allzurasch einzustellen pflegen. In den Lösungen neutraler Kaliumsalze besitzen wir derartige Flüssigkeiten.[3]) Für Froschmuskeln fand ich am meisten geeignet 0,7 procentige Chlorkaliumlösungen, sah nach kurzem Reizungsstadium die Erregbarkeit bald auf Null sinken und weiter weder Starre noch eine Structurveränderung, Quellung oder Schrumpfung einzelner Theile eintreten. Ganz besonders günstig wäre es, wenn man die Muskelfasern schon vor der nie ohne Zerrung und Reizung verlaufenden Präparation und Isolirung mit der betreffenden Lösung zu durchtränken vermöchte. Derartig vorbereitete Muskeln müssten auch für physiologisch-chemische Arbeiten sehr werthvoll sein. Ich versuchte daher, die Blutgefässe eines eben getödteten Frosches mit der erwähnten Chlorkaliumlösung auszuspritzen, gelangte aber nicht zu dem gewünschten Ziel: sobald sich die Gefässe gefüllt hatten, war auch bei bedeutender Erhöhung des Druckes so gut wie gar nichts mehr durch dieselben hindurchzutreiben. Nicht glücklicher war ich mit der Chlorkaliumauswaschung bei Kaninchen. Erst längere Zeit nach dem Tode hört der Widerstand auf, Chlorkaliumlösung lässt sich dann ebenso leicht oder ebenso schwer wie eine Chlornatriumlösung durch die Gefässe drücken.

---

1) W. KÜHNE, Untersuchungen aus dem physiolog. Institute der Univ. Heidelberg. III. S. 16. Heidelberg 1879.

2) W. BIEDERMANN, Sitzungsber. d. Wiener Acad. LXXXII. III. Abtheil. 1880.

3) O. NASSE, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 138. 1875.

Der Widerstand ist offenbar durch einen lange anhaltenden Krampf der kleinen Arterien hervorgerufen.

Die Anwendung der Kaliumsalze bietet den Vortheil, dass durch Auslaugen mit Chlornatriumlösung die Erregbarkeit wiederkehren kann, der Lähmungszustand also nur ein vorübergehender ist. Diese Restitution ist an ausgeschnittenen Muskeln beobachtet von Biedermann[1]), bei Vergiftung des ganzen Thieres von Böhm und Mickwitz.[2])

Bei der Angabe der Concentration der günstigsten Salzlösungen der drei Gruppen darf man nie vergessen hinzuzufügen, welche Thierart gemeint ist, denn was z. B. für die Muskeln des Frosches gilt, braucht nicht ohne Weiteres für die Muskelsubstanz überhaupt zu gelten. Es liegen freilich noch nicht viele eingehendere Beobachtungen vor, so dass allgemeine Gesetze für die Muskeln verschiedener Thierreihen oder nahestehender Thiere in verschiedenen Medien lebend, wie Luft- und Wasser-Thiere und hier weiter Thiere des süssen und des salzigen Wassers, noch nicht haben abgeleitet werden können, aber dass die Lösungsoptima ganz beträchtlich von einander abweichen, unterliegt schon jetzt keinem Zweifel mehr. Aus der Dauer der Erregbarkeit oder gar mit Biedermann[3]) aus dem elektromotorischen Verhalten der Muskeln werden sich in sehr vielen Fällen, besonders bei kleineren und ebenso bei zarten Organismen die Optima nicht bestimmen lassen; da muss denn das Aussehen der Muskeln, das Auftreten oder Ausbleiben von sichtbaren Veränderungen die Entscheidung unterstützen oder sogar oft allein bringen. Das Aussehen allein der Muskeln — es handelte sich zunächst um glatte Muskeln in dem betreffenden Falle — zwang Schwalbe[4]), für jedes Thier die günstigste Concentration der Kochsalzlösung besonders festzustellen. Genügte für das eine Thier eine Lösung von 0,5 % Chlornatrium, so verlangte ein anderes eine dreimal stärkere Lösung u. s. w. Wird die Bestimmung unsicher, weil geringe Grade von Quellung oder Schrumpfung bei dem Muskel überhaupt nicht leicht zu erkennen sind,

1) W. Biedermann, Sitzungsber. d. Wiener Acad. LXXX. III. Abtheil. 1879.

2) R. Böhm, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 321.

3) W. Biedermann, Sitzungsber. d. Wien. Acad. LXXXI. III. Abth. S. 74. 1880.

4) G. Schwalbe, Arch. f. mikroskop. Anat. IV. S. 392. 1868.

so kann man die Grenzen enger ziehen, indem man leichter veränderliche Gewebe oder Gewebstheile zugleich in das Auge fasst. Ich denke hier u. a. an die Körnchen der Zwischensubstanz in der Thoraxmuskulatur der Fliegen. In 0,6 % Kochsalzlösungen sehe ich dieselben rasch zu kleineren oder grösseren durchsichtigen Kugeln aufquellen, die an einem Theile des Umfangs noch undurchsichtige Substanz führen, (vgl. Fig. 14), und bin hiernach geneigt, auch für die Fliegenmuskeln eine vielleicht nicht unbeträchtlich stärkere Kochsalzlösung erst als die günstigste anzusehen.

So wichtig nun auch die Untersuchung der frischen Muskelsubstanz ist, in sehr vielen Fällen ist sie unmöglich, sei es weil das Material nicht frisch zu beschaffen, sei es weil Präparation irgend welcher Art, wenn auch nur Dehnung nöthig ist. Von den conservirenden Flüssigkeiten, welche den Muskel bis zur mikroskopischen Untersuchung, die in einem Tropfen der betreffenden Flüssigkeit oder auch einfach in Wasser vorgenommen wird, beherbergen, verlangen wir, dass sie die Muskelfaser in dem äusseren Ansehen so wenig wie irgend möglich verändern. Als bis jetzt fast ausschliesslich und mit vielem Vortheil benutzt treten uns zuerst diejenigen Flüssigkeiten entgegen, in welchen die Eiweisskörper coagulirt werden, wie Alkohol, Lösungen von Chromsäure u. v. a. In vielen Fällen können darunter diejenigen Flüssigkeiten besondere Berücksichtigung verdienen, welche nicht nur die Entwicklung niederer Organismen verhindern, sondern auch gleichzeitig andere nicht zum Muskel als Gewebe, wohl aber zu dem Muskel als Organ gehörige Theile in bestimmter charakteristischer Weise verändern, so dass die Grenzen der verschiedenen Gewebe, oder allgemeiner gesagt die Beziehungen der Gewebe zu einander leicht festzustellen sind. Als Prototyp für derartige Flüssigkeiten führe ich die concentrirte wässrige Lösung der Salicylsäure an, welche die Eiweisskörper coagulirt, das Bindegewebe quellt.

Für alle Eiweiss coagulirenden Agentien gilt als Regel, dass die Muskeln in mehr oder weniger gespanntem Zustand in die Flüssigkeiten gebracht werden, soll nicht die mit der Coagulation verbundene Schrumpfung die Erkennung der feineren Structur für immer unmög-

lich machen. Die Spannung braucht keineswegs stets eine künstliche zu sein, kommen grössere Muskelgruppen oder grössere Theile eines Thieres oder gar ganze Thiere zur Verwendung, so wird fast immer der eine oder der andere Muskel durch stärkere Schrumpfung des mächtigeren Antagonisten u. s. w. in stärkerer Dehnung gehärtet werden Freilich ist man dann in der Auswahl der Muskeln sehr beschränkt. Spannen sich die Muskel aber nicht von selbst und lassen sie sich auch nicht künstlich spannen, so ist von den in Rede stehenden Flüssigkeiten überhaupt abzusehen. Als Prototyp der in diesem Falle zu benutzenden Flüssigkeiten, die natürlich auch weder bedeutende Schrumpfung noch Quellung bedingen dürfen, ist die concentrirte wässrige Lösung der Benzoësäure zu nennen, die mit der Lösung von Salicylsäure die beiden Eigenschaften Verhinderung der Fäulniss und Quellung des Bindegewebes gemein hat, die Eiweisskörper jedoch nicht coagulirt.

Es ist sehr wohl möglich, dass es Lösungen eines oder gleichzeitig mehrerer Stoffe gibt, die vor den genannten beiden noch Vorzüge besitzen, — ich erwähne nur, dass ganz ähnlich der Salicylsäure gesättigte Lösungen neutraler Salze der Alkalien und alkalischen Erden im Verein mit verdünnter Essigsäure wirken — aufgefallen ist mir indess keine bei der Prüfung einer grossen Anzahl von organischen Verbindungen der verschiedensten Art. An Stelle des bei den mikroskopischen Arbeiten so häufigen Umhertastens auf der Suche nach geeigneten Agentien und Reagentien habe ich nämlich unter der Hand eine kleine systematische Untersuchung angestellt, die freilich, wie ich oben schon erwähnt habe, hier aber ganz ausdrücklich noch einmal den nachstehenden einzelnen Mittheilungen vorausschicken möchte, für die Muskeln keine besonders verwerthbaren Resultate abgeworfen hat, übrigens vielleicht nicht vollkommen ohne Interesse sein dürfte, weil ausser der eigentlichen Muskelsubstanz von Vertebraten und Avertebraten und dem Bindegewebe noch ganz besonders das durch die mikroskopische Prüfung allein nicht jedesmal rasch zu eruirende Verhältniss der betreffenden Verbindung zu den Eiweisskörpern in das Auge gefasst worden ist. Das letztere ist in der Beschreibung sogar in der Regel vorangestellt worden. In den meisten Fällen habe ich frisches Hühnereiweiss, gewöhnlich nur

als Eiweiss bezeichnet, einige Tage bis Wochen bei Zimmertemperatur mit den zu prüfenden Substanzen in Berührung gelassen und, je nachdem das Filtrat der Mischung eiweissfrei oder eiweisshaltig war, vollkommene oder unvollkommene Coagulation u. s. w. notirt. In einigen wenigen, zur Ausfüllung von Lücken noch nachträglich gemachten Versuchen bediente ich mich des Fibrins. Ob Coagulation eingetreten war oder nicht, lässt sich an Fibrinflocken nach Abspülen und Auswässern leicht an ihrer Quellbarkeit in verdünnter Salzsäure erkennen. Findet sich in dem Folgenden das Bindegewebe nicht ausdrücklich erwähnt, so bedeutet dies, dass makroskopische Veränderungen nicht zu sehen waren.

Auf Vollständigkeit auch nur annähernd Anspruch zu machen, ist diese kleine Untersuchung natürlich weit entfernt. War ich zunächst auf die im reinen Zustand käuflichen organischen Verbindungen beschränkt, so habe ich auch unter diesen die isolirt stehenden fast immer bei Seite gelassen, Substanzen, die derselben Reihe angehören oder isomer sind, des Studiums in erster Linie werth gehalten, wie sich das bei der Aufführung der einzelnen Gruppen sogleich zeigen wird. In Betreff des Näheren auf die einzelnen Mittheilungen verweisend, erwähne ich hier nur noch, dass die Substanzen, wenn nichts besonderes Gegentheiliges bemerkt ist, stets in gesättigter wässriger Lösung nebst einer reichlichen Menge des ungelösten Stoffes angewendet worden sind. Bei neutralen Verbindungen habe ich auch wohl für die Muskeln an Stelle von Wasser halbprocentige Kochsalzlösung benutzt.

I. Kohlenwasserstoffe.

(Substituirte)

1. der Methanreihe.

Mit Aethyl-, Isopropyl-, Isobutylchlorid und dem in der Structur den letzteren beiden Chloriden entsprechenden Amylchlorid sind Beobachtungen angestellt. Hühnereiweiss wird nicht coagulirt, die Muskeln sind weich, lassen Einzelheiten des Baues nicht mehr erkennen,

nur Isobutylchlorid — bei der gleichen Structur mit den beiden benachbarten Gliedern der Reihe kann man wohl sagen „auffallender Weise“ — bedingt eine wenigstens partielle Ausfällung der Eiweisskörper. — Chloroform coagulirt in bekannter Weise das Eiweiss, die Querstreifung der Muskeln findet sich aber stets zum grössten Theile zerstört. Jodoform fällt die Eiweisssubstanzen nicht, die Muskeln werden rasch weich und unklar.

2. der Acetylenreihe.

In Berührung mit Allylchlorid werden die Eiweisskörper coagulirt, der Muskel zeigt sich gut erhalten.

3. der Benzolreihe.

Einfach chlorirtes Benzol und Toluol fällen Eiweiss nicht, die Muskeln sind weich und ganz unklar. — Dem Eiweiss gegenüber verhalten sich den genannten Verbindungen gleich die nitrirten Kohlenwasserstoffe: Nitrobenzol, Ortho- und Paranitrotoluol, Metadinitrobenzol und Dinitrotoluol, auch die Muskeln verlieren ihre Structur, am wenigsten bei dem Paranitrotoluol, am meisten bei dem Dinitrotoluol, das zugleich die Entwicklung von Bacterien am wenigsten hindert. Die Löslichkeit dieser Verbindungen in Wasser ist gleichmässig so gering, dass in ihr der Unterschied des Verhaltens nicht gesucht werden kann. — Dem Dinitrotoluol ähnlich ist in den angeführten Beziehungen Azobenzol. Wahrscheinlich wird dasselbe bei der Fäulniss der Eiweisskörper auch selbst zersetzt unter Bildung von Anilin.

II. Alkohole.

1. Fette Alkohole.

Von fetten Alkoholen der Methanreihe standen mir zur Verfügung Methyl-, Aethyl-, Propyl-, Isobutyl-, Amyl-, Capryl- und Cetylalkohol, die letzteren beiden sind ihrer Unlöslichkeit in Wasser wegen aber nicht mehr zu verwenden. Die anderen verändern die Eiweisskörper,

die Muskeln und das Bindegewebe ganz in der vom Aethylalkohol bekannten Weise. Dasselbe gilt auch vom Allylalkohol. Die Structur der Alkohole scheint die hier in Betracht kommenden Eigenschaften derselben nicht zu beeinflussen.

2. Aromatische Alkohole.

a. Einatomige.

Phenol und Kresol, im Ueberschuss zu Eiweisslösung zugefügt, fällen das Eiweiss. Der Niederschlag ist, wie schon Zapolsky[1]) in dem Laboratorium von Hoppe-Seyler beobachtet hat, nicht flockig, sondern ganz feinkörnig, so dass eine milchige Flüssigkeit entsteht. Zapolsky's Meinung, dass sich allmählig Syntonine bilden durch die Einwirkung des Phenols, das er sich wie eine schwache Säure wirkend vorstellt, kann ich nicht theilen, nach meinen Versuchen bildet sich vielmehr coagulirtes Albumin, wie die mit der Zeit zunehmende Unlöslichkeit des Niederschlages in Wasser lehrt. Ebenso büssen Fibrinflocken, unter wässriger Carbolsäure aufbewahrt, die Quellbarkeit in verdünnter Chlorwasserstoffsäure ein. Die Muskeln schrumpfen, werden durchsichtig, sind dabei noch deutlich doppeltbrechend, aus der Carbolsäure in reines Wasser gebracht, bilden sie aber bald eine structurlose Masse. Das Bindegewebe schrumpft sehr stark. — Muskeln in schwacher Kochsalzlösung mit Zusatz von viel Thymol, auch wenn letzteres durch Erwärmung der Mischung in derselben fein vertheilt worden ist, werden bald weich und unkenntlich.

b. Zweiatomige.

Die drei Dioxybenzole verhalten sich den Eiweisskörpern gegenüber verschieden: während Ortho- und Paradioxybenzol (Brenzkatechin und Hydrochinon) auch bei reichlichem Ueberschuss die Eiweisskörper fällen, löst Metadioxybenzol (Resorcin) das anfänglich gefällte Eiweiss bei weiterem Zusatz wieder auf. Die Angabe von Andeer[2]), dass Resorcin

1) Zapolsky, Hoppe-Seyler's med.-chem. Untersuch. Hft. 4. S. 557. Berlin 1871.

2) Andeer, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880. S. 497.

in allen Concentrationsgraden (Hühner-) Eiweiss zur Gerinnung bringe, ist hiernach zu berichtigen. Dem über das Eiweiss Mitgetheilten entsprechend erscheint auch der Muskel in Resorcin glasig gequollen, während er in der Lösung von Brenzkatechin und ebenso, wenn auch erst nach etwas längerer Zeit, in der von Hydrochinon hart wird und sich leicht in feinste Fibrillen von klarem Bau zerspalten lässt. In Brenzkatechin wird der Muskel bald dunkel, langsam auch in Hydrochinon. Es sei hier noch hingewiesen auf die Unterschiede, welche die Dioxybenzole in ihrer Wirkung auf den ganzen Organismus gezeigt haben. Brieger[1]) ordnet der Giftigkeit für Frösche und Säugethiere nach die drei Stoffe: 1) Brenzkatechin, 2) Hydrochinon, 3) Resorcin; letzteres soll am schwächsten wirken. Die Elementarwirkungen sollten wohl bei pharmakologischen und toxikologischen Untersuchungen überhaupt nicht ausser Acht gelassen werden, wenn auch ein directer Zusammenhang derselben mit der Allgemeinwirkung keineswegs im einzelnen Falle ohne Weiteres angenommen werden darf.

c. Dreiatomige.

Die Fällung der Eiweisskörper durch Pyrogallussäure, dem einzigen von mir benutzten Trioxybenzol, ist bereits von Jüdell[2]) gesehen worden. Den Muskel angehend, so macht die starke Schrumpfung des Inhaltes des Sarcolemmaschlauches den letzteren weit abstehen. Die leicht abzuspaltenden, auf das Deutlichste alle Einzelheiten des Baues zeigenden Fibrillen würden sich sehr wohl zur Untersuchung verwenden lassen, würde der Muskel nicht rasch ganz dunkel gefärbt. Die erwähnte Einwirkung der Pyrogallussäure auf die Eiweisskörper erregte mir Zweifel an der Richtigkeit einer Angabe von Wedl[3]), betreffend die Bildung von Hämoglobinkrystallen durch Zusatz von Pyrogallussäure zu Blut, weil im Allgemeinen Zusatz grösserer Mengen eiweissfällender Substanzen zu Blut oder Hämoglobin den Zerfall des letzteren zur Folge hat. Es ist mir auch bisher die Darstellung der Hämoglobinkrystalle

1) Brieger, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1879. Suppl.-Bd. S. 61.

2) Jüdell, Hoppe-Seyler's med.-chem. Untersuch. Heft 3. S. 423. 1868.

3) Wedl, Arch. f. patholog. Anat. LXXX. S. 172. 1880.

nach der freilich ziemlich allgemein gehaltenen Vorschrift von Wedl nicht gelungen, stets trat Zersetzung des Blutes ein, die noch genauer zu untersuchen ist. — Die therapeutische Verwerthung der Pyrogallussäure steht sicher in Zusammenhang mit deren Beziehungen zu den Eiweissstoffen. Bei der fast gleichzeitig empfohlenen Chrysophansäure handelt es sich wohl um etwas anderes, eine Coagulation des Eiweisses finde ich jedenfalls nicht.

d. Nitrirte einatomige.

Ortho- und Paranitrophenol unterscheiden sich sehr wesentlich von einander, das erstere fällt das Eiweiss nicht, der Muskel ist weich, in seinem Bau unklar, das letztere fällt das Eiweiss total aus, doch setzt sich das ausgeschiedene Eiweiss nur schlecht ab, ähnlich wie bei Phenol, und lässt sich nicht abfiltriren, der Muskel ist hart, in Fibrillen spaltbar, die indess die Querstreifung nicht deutlich zeigen, das Bindegewebe ist stark geschrumpft. Bei dem Zusammenbringen der Hühnereiweisslösung mit den Lösungen der beiden Nitrophenole fiel ausserdem auf, dass das Gelb der Lösung des Orthonitrophenol in Orange übergieng. Bei näherem Eingehen auf die Erscheinung unter Berücksichtigung der Reaction des Hühnereiweisses fand sich dann bald ein verschiedenes Verhalten der beiden Nitrophenole Alkalien gegenüber: schon die geringste Spur von Alkali verändert die Farbe der Orthonitrophenollösung in der gedachten Weise, nur sehr unbedeutend die der Paranitrophenollösung. Die Empfindlichkeit der ersteren ist so gross, dass ich Langbeck[1]) nur beistimmen kann, wenn er Nitrophenol — so heisst es in dem Referat[2]), das Original habe ich nicht einsehen können, es kann aber nur die Orthoverbindung gemeint sein — als Indicator für Alkalimetrie empfiehlt. Mir selbst war, als mir die Thatsache aufstiess, weniger die praktische Verwerthung eingefallen, als die Aehnlichkeit mit der Farbenveränderung, welche die bei der Behandlung der Eiweisskörper mit Salpetersäure entstehenden Nitroproducte, Xanthopro-

1) Langbeck, Chem. News 43. S. 161. 1881.

2) Chem. Centralbl. 1881. S. 387.

teïnsäure genannt, zeigen. Nachdem ich nachgewiesen habe[1]), dass im Eiweissmolekül von aromatischen Gruppen sich jedenfalls eine einfach hydroxylirte (vielleicht neben hydroxylfreien Gruppen) findet, ist es wohl nicht allzu gewagt, die so leicht durch die Einwirkung von verdünnter Salpetersäure eintretende Xanthoproteïnsäure-Reaction zu erklären durch die Bildung von Orthonitrophenol. Daneben mag wohl auch bei stärkerer Nitrirung Di- und Trinitrophenol entstehen können, die Bildung von Orthonitrophenol genügt aber, um die Farbenveränderung auf das Deutlichste zu zeigen. Dass die Substanz, welche Mulder[2]) als Xanthoproteïnsäure beschrieben und analysirt hat, eine andere Zusammensetzung zeigte als Nitrophenol, kann natürlich nicht gegen meine Auffassung eingewendet werden. Ein Blick auf die Darstellungsweisen lehrt, dass es sich niemals dabei um „reine Substanzen" gehandelt hat. Dem Paranitrophenol ganz ähnlich wirkt das Trinitrophenol (Pikrinsäure) auf das Eiweiss, das auch hier wieder nicht in Flocken, sondern ganz fein vertheilt ausgefällt wird, und auf die Muskeln. In der gesättigten Lösung ist aber Pikrinsäure, die ja bereits Verwendung in der mikroskopischen Technik gefunden hat, freilich mehr als Färbemittel, nicht zur Conservirung von Geweben, nicht zu gebrauchen, die Einzelheiten sind hier noch viel weniger klar als bei Paranitrophenol. Es ist wiederholt hervorzuheben einerseits, dass die Fähigkeit einer Substanz, die Eiweisskörper zu coaguliren, noch keineswegs die Verwendbarkeit derselben zur Untersuchung der Muskeln bedingt, und andererseits, dass schwächere Lösungen der hier geprüften Stoffe sehr wohl noch vorzügliche Flüssigkeiten zu dem gedachten Zwecke abgeben kön-

---

1) Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. zu Halle 1879. Sitzung vom 8. März. Ich benutze gern diese Gelegenheit, ein Versehen wieder gut zu machen und zu constatiren, dass vor mir bereits F. Hofmeister (Zeitschr. f. physiol. Chemie II. S. 299. 1878) sowohl die Xanthoproteinsäure — wie die Millon'sche Reaction benutzt hat um eine „chromogene Gruppe" in den Proteïnkörpern nachzuweisen, welche dem Leim und seinen Derivaten nicht zukomme. Auf den Charakter dieser chromogenen Gruppe, und das ist doch das Wichtigste, ist aber Hofmeister nicht näher eingegangen.

2) Mulder, Journ. f. pract. Chem. XVI. S. 297. 1838.

nen, wenn die concentrirten ganz werthlos erscheinen. Nur um die letzteren handelt es sich aber bei diesen Mittheilungen.

III. Amine.

Von den fetten Aminen ist bekannt, dass sie ganz ähnlich dem Ammoniak wirken. Die aromatischen Amine betreffend, wissen wir ferner, — wenn ich nicht irre, hat W. Heintz[1]) zuerst dieser Thatsache gedacht — dass Anilin die Eiweisskörper coagulirt. In concentrirter Lösung eignet sich Anilin ebensowenig wie Pikrinsäure zur Untersuchung der quergestreiften Muskelsubstanz, da in den Fibrillen, die sich sehr leicht ablösen, von feinerer Zeichnung Nichts mehr zu sehen ist. Dem Anilin gleich in der Wirkung ist Orthotoluidin und Xylidin, während Paratoluidin die Eiweisskörper nicht fällt, dementsprechend auch der Muskel breiig wird. Es wäre hier noch daran zu erinnern, dass Paratoluidin, dem Organismus einverleibt, nicht als Aetherschwefelsäure[2]) und auch nicht als Amidobenzoësäure und Amidohippursäure[3]) ausgeschieden wird. Ueber die Verwandlung des Orthotoluidin im Thierkörper ist übrigens Nichts bekannt. — Von substituirten aromatischen Aminen sind Meta- und Paranitranilin zur Prüfung gekommen und beide dem Paratoluidin ganz ähnlich gefunden worden.

IV. Cyanide.

(Nitrile)

Aceto- und Propionitril fällen die Eiweisskörper, der Muskel lässt sich leicht, besonders bei Acetonitril, in die feinsten vortrefflich erhaltenen Fibrillen zerfasern, etwas weniger in Propionitril, welches den Muskel auch nicht in gleichem Maasse härtet. Capronitril ist weiter schon ohne jegliche sichtbare Einwirkung auf die Eiweisskörper, der

1) W. Heintz, Lehrb. d. Zoochemie. S. 643. Berlin 1853.

2) Baumann u. Herter, Zeitschr. f. physiol. Chem. I. S. 244. 1877—78.

3) Graebe u. Schultzen, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 169. 1867.

Muskel wird weich und ist weniger durchsichtig. Hiernach möchte man wohl geneigt sein, bei den Nitrilen auf eine Abnahme der eiweisscoagulirenden Fähigkeit mit Zunahme des Kohlenstoffgehaltes zu schliessen. Freilich könnte diesem Schluss die gleichsinnige Abnahme der Löslichkeit der in Rede stehenden Verbindungen in Wasser entgegengehalten werden. Dennoch halte ich ihn aufrecht, weil bei den fetten Säuren bei der gleichen Abnahme der Löslichkeit mit Zunahme des Kohlenstoffgehaltes auf das Deutlichste die Eigenschaft, die Eiweissstoffe zu coaguliren, nicht ab-, sondern zunimmt. — Dem Capronitril gleiche Eigenschaften besitzt Benzonitril.

V. Senföle.

Alle Senföle, welche ich erhalten konnte, Methyl-, Aethyl-, Allyl- und Phenylsenföl, fällen die Eiweisskörper nicht, die Muskeln fand ich in Methylsenföl mässig erhalten, sehr viel weniger gut in Aethylsenföl; mit Allylsenföl in längere Berührung gebrachte Muskeln liessen sich wohl in feinste Fibrillen zerzupfen, die Structur der letzteren war indess unklar; am wenigsten gut erhielten sich die Muskeln in Phenylsenföl. Eine gewisse, noch nicht näher erklärte Einwirkung auf die Eiweisskörper scheinen die Senföle aber doch zu besitzen: Buchheim hatte bei Allylsenföl beobachtet, dass ein Zusatz desselben zu Eiweisslösung deren Gerinnung durch Kochen aufhebt. Die Beobachtung ist richtig, als Erweiterung derselben vermag ich hinzuzufügen, dass die anderen oben erwähnten Senföle die gleiche Kraft besitzen. Nun ist aber dabei zu beachten, dass die Gerinnung sofort und in gleicher Weise wie bei der reinen Eiweisslösung eintritt, wenn der Mischung eine kleine Menge Säure, um so mehr, je mehr Senföl zugefügt war, zugesetzt wird. Die Senföle wirken also wie ein Alkali, bilden vielleicht eine Verbindung mit dem Eiweiss, eine Verbindung, die aber nicht sehr fest sein kann, denn auch im zugeschmolzenen Rohre im Wasserbad erhitzt, tritt Gerinnung des Eiweisses auch bei sehr reichlichem Zusatz von Senföl ein. Immerhin müsste wohl ein Versuch, die interessante Beobachtung

von Buchheim zu erklären, an die neutralisirende Wirkung der Säure anknüpfen.

VI. Ketone.

Während Aceton das Eiweiss coagulirt, so dass der Muskel ganz hart und leicht zerfaserbar wird, ist Acetophenon der Eiweisssubstanz gegenüber indifferent, erhält übrigens ganz leidlich die Structur des Muskels.

VII. Säuren.

1. Säuren der Essigsäurereihe.

Die fetten Säuren sind bis zur Caprinsäure einschliesslich untersucht worden, fortblieben aus der Reihe Oenanthylsäure und Pelargonsäure. Ich muss aber vorausschicken, dass es sich keineswegs stets um die sogenannten normalen Säuren handelt, die verwendete Buttersäure war Isobuttersäure, die Valeriansäure Isopropylessigsäure, die Capronsäure allerdings wieder normale Säure, die Caprylsäure wahrscheinlich auch, während die Constitution der Caprinsäure gänzlich unbekannt ist. Nur für diese Säuren gelten die aus den Beobachtungen gezogenen Folgerungen, erst weitere Untersuchungen müssten ihre Allgemeingiltigkeit bestätigen. Das Resultat ist aber, wie schon oben bei den Cyaniden angedeutet worden ist, dass mit Zunahme des Kohlenstoffgehaltes auch die Eigenschaft, Eiweiss zu coaguliren, zunimmt. So werden auch die Muskeln von der Propionsäure ab immer undurchsichtiger, in der Baldriansäure sind sie schon weiss geronnen und spaltbar, und in Capronsäure lassen sich bereits ganz schöne Fibrillen abtrennen. Ebenso nimmt andererseits die Quellung des Bindegewebes ab. Einander entsprechende Lösungen, nämlich meinem Plan gemäss gesättigte wässrige Lösungen mit Ueberschuss der zu lösenden Substanz, lassen sich aber erst von der Buttersäure ab herstellen, meine Versuche leiden also an einer weiteren Unvollständigkeit. Indess kann die letztere jene Folgerung nicht beeinträchtigen, denn die Verschiedenheit der Säuren zeigt sich auch noch deutlich von der Buttersäure

ab, und sie zeigt sich auch in Lösungen der Säuren mit gleicher Anzahl von Molekülen. Ich hielt es für der Mühe werth, in diesem Falle die Erscheinung eingehender zu prüfen, bereitete mir wässrige Lösungen von Essigsäure und Buttersäure von gleicher Stärke (durch Titration bestimmt), wie die durch Schütteln von Wasser mit Capronsäure erhaltene Lösung von Capronsäure, und brachte Fibrinflocken in die drei Lösungen. Binnen Kurzem waren die Fibrinflocken in der Capronsäure vollkommen weiss, in der Essigsäure durchsichtig geworden, während sie in der Buttersäure unverändert blieben.

2. Substituirte Säuren der Essigsäurereihe.

Oxyessigsäure und Oxypropionsäure bilden dicke feste Gallerte aus Eiweiss, der Muskel ist stark glasig gequollen, ebenso das Bindegewebe. — Die gechlorten Säuren: Mono- und Trichloressigsäure sowie Trichlorbuttersäure fällen anfangs die Eiweisskörper, lösen sie aber, wenn im Ueberschuss zugesetzt, der Muskel ist stark gequollen, ebenso das Bindegewebe. In Dichloressigsäure wird der ganze Muskel rasch vollkommen zerstört. — Amidoessigsäure (Glycocoll) und Amidocapronsäure (Leucin) sind ohne Wirkung auf die Eiweisskörper, der Muskel ist weich und unklar, Schimmelpilze entwickeln sich bald. — Phenylessigsäure coagulirt die Eiweissstoffe, der Muskel schrumpft rasch, liefert vorzüglich erhaltene Fibrillen, das Bindegewebe ist gequollen. — Von den isomeren Säuren Phenyloxyessigsäure (Mandelsäure) $\begin{matrix} \diagup OH \\ \underset{\cdot}{C}H—C_6H_5 \\ COOH \end{matrix}$ und Oxyphenylessigsäure $\begin{matrix} \underset{\cdot}{C}H_2 . O . C_6H_5 \\ COOH \end{matrix}$, die beide die Eiweisskörper coaguliren, gibt die erstere Anlass zur Bildung schöner Muskelfibrillen bei Quellung des Bindegewebes, während in der letzteren der Muskel natürlich auch schrumpft, aber nicht zerfaserbar ist, eher Neigung zum Querzerfall zeigt, auch das Bindegewebe nicht quillt. — Hippursäure fällt das Eiweiss theilweise aus, der Muskel sieht weiss, wie geronnen aus, ist aber weich, hat dehnbare Fasern und Fibrillen, die keine Einzelheiten mehr erkennen lassen. — Anhangsweise sei hier noch die in

die Oelsäurereihe gehörige Phenylacrylsäure (Zimmtsäure) erwähnt, welche Eiweiss gar nicht fällt, in deren Lösung die Muskelsubstanz weich und unklar wird.

3. Säuren der Oxalsäurereihe.

Einzig die Oxalsäure selbst fällt die Eiweisskörper vollkommen, der Muskel zeigt die Querstreifung sehr klar, lässt sich aber nicht leicht zerspalten, liefert keine Fibrillen, bricht dagegen leicht der Quere nach durch. Das Bindegewebe ist etwas gequollen. — Gar keine Fällung ist zu beobachten bei Anwendung von Bernsteinsäure, Monoxy- (Aepfelsäure), Dioxy- (Weinsäure) und Amidobernsteinsäure. In der Lösung der Bernsteinsäure selbst sowie der beiden Oxysäuren quillt der Muskel glasartig und ebenso das Bindegewebe. — Eine halb durchsichtige Gallerte bilden aus dem Hühnereiweiss Itaconsäure, Citronensäure und Aconitsäure, die Muskeln werden verändert wie durch Bernsteinsäure. — In Fumarsäure, welche das Eiweiss wenig verändert, wird der Muskel weich, es tritt bald Fäulniss ein.

4. Aromatische Säuren.

Von einbasischen (nicht substituirten) aromatischen Säuren sind nur zwei zur Untersuchung gekommen: Benzoësäure und Propylbenzoësäure (Cuminsäure). Beiden Säuren ist gemein, die Eiweisskörper nicht zu fällen, das Bindegewebe aber zu quellen. Die Muskeln bleiben weich; während sie aber in der Cuminsäure nur wenige und dazu unklare Fibrillen liefern, lassen sich von dem in Benzoësäure aufbewahrten Muskel Fibrillen bis zu den feinsten von unmessbarer Dicke und dabei vorzüglich erhalten abspalten. Die Weichheit des Muskels erlaubt zugleich noch eine Dehnung der Fibrillen, die in Folge dessen alle Einzelheiten auf das Deutlichste erkennen lassen (vgl. Fig. 13). Bemerkenswerth ist ferner, dass den Muskeln dabei die Doppeltbrechung nicht verloren geht oder auch nur irgend merklich geschwächt wird; so vermag man, ähnlich wie W. Müller[1]) die elastischen Fasern an ihrer Aniso-

1) W. Müller, Zeitschr. f. ration. Medicin. X. S. 173. 1860.

tropie erkannte, in dem durch Essigsäure gequollenen und nun nicht mehr doppeltbrechenden Bindegewebe, mit Hülfe der Benzoësäure im Bindegewebe eingelagerte glatte Muskelfasern zu erkennen, indem auch durch die Benzoësäure das Doppeltbrechungsvermögen des Bindegewebes aufgehoben wird. Meinen Erfahrungen nach eignet sich übrigens Benzoësäure gerade für die Untersuchung der glatten Muskeln sowohl der höheren wie der niederen Thiere, insbesondere der Mollusken, ganz vortrefflich, sehr viel mehr als die weiter unten zu besprechende Salicylsäure. Sind die Muskeln eingeschlossen in dicke Hüllen, wie insbesondere in solche von Chitin, so ist die Anwendung der Benzoësäure natürlich nicht ohne Weiteres möglich. — Die zweibasische Phtalsäure fällt das Eiweiss aus seiner Lösung total aus, der Muskel aber bleibt weich und ist unklar, das Bindegewebe wird etwas gelockert.

5. Substituirte aromatische Säuren.

Bei den drei bis jetzt bekannten Monoxybenzoësäuren treten einige Verschiedenheiten hervor, die sie für die mikroskopische Untersuchung der Muskeln ungleichwerthig machen. Von der Orthosäure, der Salicylsäure, habe ich früher gezeigt[1]), dass sie die Eiweisskörper vollkommen coagulirt, das Bindegewebe quellt, den Muskel in feinste und vorzüglich erhaltene Fibrillen zerspalten lässt. Die Art und Weise der Verwendung betreffend, so habe ich ausdrücklich empfohlen, — ich wiederhole das nur, weil mir der Referent der Histologie im Jahresbericht von Hirsch Ungenauigkeit der Angabe vorwirft — gesättigte wässrige Lösung mit Zusatz noch ungelöster Salicylsäure zu nehmen. Dickere Muskelstücke und solche, die in Hüllen von Chitin u. s. w. eingeschlossen sind, werden passend erst kurze Zeit in Alkohol oder alkoholische Lösung von Salicylsäure gelegt und dann in die wässrige Lösung übergeführt. Metaoxybenzoësäure fällt nun die Eiweisskörper nicht so vollkommen wie die Orthosäure, ganz beträchtliche Mengen des Eiweisses bleiben aber gelöst in der Parasäure; in beiden Säuren bleibt auch der Muskel weicher, Fibrillen lassen sich wohl noch abspalten, sind aber nicht

1) Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 282. 1878.

mehr ganz scharf gezeichnet. Endlich ist auch das Bindegewebe nicht mehr gequollen. — Durch das Eintreten von Methyl in das Hydroxyl sehen wir bei der Paraoxybenzoësäure — es ist nur diese eine Methyloxybenzoësäure: Anissäure bekannt — die Fällung der Eiweisskörper ganz aufgehoben, der Muskel ist weich und unklar, die Entwicklung niederer Organismen nicht gehemmt. — Dioxybenzoësäure (Protocatechusäure) und Trioxybenzoësäure (Gallussäure) stehen in ihren Eigenschaften der Paraoxybenzoësäure im Ganzen gleich; in der Lösung der Gallussäure tritt rasch Schimmelbildung ein. — Fast dasselbe gilt von der (Meta-) Amidobenzoësäure, mit dem Unterschiede jedoch, dass hier das Bindegewebe stark quillt. — (Meta-) Nitrobenzoësäure coagulirt das Eiweiss, quellt das Bindegewebe, die Muskeln bleiben weich, die Fibrillen ähneln am meisten den bei der Benzoësäure beschriebenen.

VIII. Säureamide.

Formamid und Acetamid, die einzigen untersuchten fetten Amide, fällen die Eiweisssubstanzen, und zwar ist die Fällung bei Acetamid so sehr viel stärker als bei Formamid, dass an eine ähnliche Zunahme der Fähigkeit, Eiweiss zu coaguliren, mit Zunahme des Kohlenstoffgehaltes bei den Amiden zu denken ist, wie sie die Säuren selbst gezeigt haben. Auch der Muskel ist in Acetamid härter als in Formamid, übrigens aber unklar, körnig. Das Bindegewebe ist bei beiden Amiden etwas gequollen. — Oxamid fällt Eiweiss nicht, der Muskel ist weich, mit Neigung zur Bildung von Discs, meist ganz unklar, das Bindegewebe gequollen. Bacterien treten in dem Gemisch nicht auf. — Benzamid fällt ebenfalls das Eiweiss nicht, es tritt leicht Fäulniss ein, welche auch den Muskel rasch zerstört. —

Das Capitel der Untersuchungsmethoden kann ich nicht verlassen, ohne ein paar Worte über die Färbungen hinzuzufügen. Nach meinen sehr ausgedehnten Versuchen kann ich nicht umhin, Engelmann[1]) voll-

1) Th. W. Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. 1. 1878.

kommen beizupflichten, dass einstweilen die Färbungen die Erkenntniss des Baues der Muskeln sowie der sichtbaren Veränderungen derselben bei der Contraction absolut nicht fördern. Speciell muss ich das auch hervorheben gegenüber der wiederholten Empfehlung des Hämatoxylin durch Merkel.[1]) Mir wenigstens zeigt die Muskelfaser nicht mehr, als ich an ungefärbten Muskeln bei gewöhnlicher Beleuchtung sehe. Auch werden durch Hämatoxylin die verschiedensten eiweissartigen Substanzen in gleicher Weise gefärbt, so Fibrin, geronnenes Eiweiss, Myosinfasern, Paranusskrystalle. Handelt es sich um Fibrillen, so ist bei der geringen Menge von Farbstoff, welche von diesen aufgenommen werden kann, selbstverständlich überhaupt von der Tinction Nichts zu erwarten. Betonen möchte ich aber doch noch, dass die Färbungen einstweilen nicht bloss mir, sondern den meisten Beobachtern Nichts genützt haben. Die Möglichkeit eines Nutzens ist bei dem chemisch so verschiedenen Bau der verschiedenen Querstreifen ja keineswegs auszuschliessen. So halte ich es wohl der Mühe werth, die Ehrlich'sche[2]) Färbungsweise bei contractiler Substanz verschiedener Art zu versuchen. Ganz besonders aber wäre dahin zu streben, nicht bloss, wie bisher fast ausschliesslich geschehen ist, den todten, sondern den lebenden Muskel zu färben. Sehr schöne Resultate, und zwar bei contractilen Gebilden, einzelligen Organismen, hat nach dieser Richtung hin bereits K. Brandt[3]) erhalten unter Anwendung von Hämatoxylin und Bismarckbraun. Der von Brandt eingeschlagene Weg wäre zunächst weiter zu verfolgen.

---

1) F. Merkel, Arch. f. mikrosk. Anat. IX. S. 293. 1873 und XIX S. 649. 1881.

2) Ehrlich, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. S. 166. 1879.

3) K. Brandt. Verhandl. d. physiol. Ges. Berlin 1878. S. 35 und Biolog. Centralbl. 1881. S. 202.

II.

Natur der doppeltbrechenden Substanz.

So oft und eingehend in den letzten Jahren bei den histologischen Untersuchungen des ruhenden und contrahirten Muskels auch die Doppeltbrechung mit berücksichtigt worden ist, so wenig ist über die Natur der doppeltbrechenden Substanz gehandelt worden. Ob man allgemein angenommen hat, dass die Substanz ein Eiweisskörper sei, etwa das Myosin, das man so gern als die contractile Substanz ansieht? Das wäre wohl möglich; bestimmt ausgesprochen haben sich über diesen Punkt aber jedenfalls nur wenige Autoren, meines Wissens nur ENGELMANN, GAMGEE und HOPPE-SEYLER, deren Aeusserungen ich wegen der Motivirung ihrer Ansichten wörtlich wiedergeben muss. ENGELMANN [1]) erklärt ganz kurz: „Auch ist die Hauptquelle des Myosins nach Aussage der mikrochemischen Reactionen ohne Zweifel die anisotrope Substanz." Bei GAMGEE [2]) heisst es: „The doubly refracting (anisotropous) matter of voluntary muscular fibre is, during life, as after death, of solid consistence. It loses its peculiar optical properties when the fibre containing it is subjected to the action of either acids or alkalies, or when it is heated to boiling. For these reasons it has been surmised that this matter is proteid in nature. It has, however, been remarked that neither alcohol nor salicylic acid — reagents which coagulate the proteids — affect the doubly refracting sarcous elements.

1) TH. W. ENGELMANN, Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 155. 1873.

2) A. GAMGEE, A text book of the physiological chemistry of the animal body. Vol. I. S. 321. London 1880.

so that one would be inclined to believe that they consist rather of some derivative of the proteid bodies than of proteid bodies pure and simple." Die betreffende Stelle bei HOPPE-SEYLER [1]) lautet folgendermaassen: „Aus diesem Verhalten (nämlich gegen Alkohol, Säure und Alkali u. s. w.) geht unbedingt hervor, dass die anisotropen Scheiben nicht aus Myosin bestehen, da Myosin durch Chlornatriumlösung schnell quellen oder gelöst, durch Alkohol dagegen in einen coagulirten Albuminstoff übergeführt werden müsste. Wenn dieser Körper sonach nicht als Myosin angesehen werden kann, ist doch anzunehmen, dass derselbe den Eiweissstoffen zugehört, und zwar entweder den Globulinsubstanzen oder den Acidalbuminen oder Alkalialbuminaten, — —, nur durch diese Annahme wird es verständlich, dass durch die verdünntesten Säuren oder Sodalösung unter schnellem Verschwinden der Doppeltbrechung sehr viel Eiweissstoff gelöst wird, der bei Anwendung von Sodalösung zunächst grossentheils die Reactionen der Globulinsubstanzen zeigt und sich in verdünnter Chlornatriumlösung auflöst." Niemand wird hiernach die Discussion über die Natur der sarcous elements für abgeschlossen erachten. Den hier folgenden eingehenden Erörterungen vorgreifend, erkläre auch ich mich für die Eiweissnatur der doppeltbrechenden Substanz, mit welchem der Eiweisskörper des Muskels dieselbe aber zu identificiren sei, mag aus den Erörterungen und dem mitzutheilenden neuen thatsächlichen Material selbst hervorgehen.

Zunächst ist aber noch eine Vorfrage zu erledigen: Doppeltbrechung kommt ja, wie bereits BRÜCKE [2]) in seiner klassischen Arbeit zeigte, nicht nur einem einzigen Querstreifen, sondern mindestens zwei, bei genügender Dehnung oft sogar vier Streifen innerhalb eines Muskelelementes zu, die wir jetzt als Querscheibe, Zwischenscheibe und Nebenscheiben bezeichnen, die sicher nicht bloss als verschiedene Anordnungsweise derselben gleichen Substanz in breiteren und schmaleren Bändern aufzufassen sind (vgl. auch den folgenden Abschnitt), von

1) HOPPE-SEYLER, Physiologische Chemie. S. 638. Berlin 1881.

2) E. BRÜCKE, Unters. über den Bau der Muskelfasern. Wien 1858. Sep.-Abdr. aus den Denkschriften d. Wiener Acad., mathem.-naturwiss. Cl. XV.

denen der an zweiter Stelle genannte, die Zwischenscheibe, der Untersuchung leichter zugänglich als die Nebenscheiben, gewissen die Doppeltbrechung schädigenden Säuren und Alkalien gegenüber eine sehr viel grössere Widerstandsfähigkeit besitzt als alle anderen Streifen. Gelehrt haben uns dies besonders die Untersuchungen von W. Krause [1]) und Engelmann [2]). Das Bedenken, ob man so ohne Weiteres von der doppeltbrechenden Substanz des Muskels reden darf, ist um so mehr berechtigt, als Doppeltbrechung chemisch ganz differenten Stoffen, auch wenn man sich nur an die eiweissartigen oder die stickstoffhaltigen Gewebsbildner hält, eigen ist. Der Unterschied der Quer- und Zwischenscheibe (und ebenso, wie hier eingeschaltet sein mag, der Nebenscheibe, die in ihren Eigenschaften zwischen den beiden zuerst genannten Scheiben steht) erscheint mir freilich nur als ein gradueller, denn die Doppeltbrechung der Zwischenscheibe geht bei der Einwirkung von gewissen Säuren und Alkalien ebenfalls verloren, nur muss die Einwirkung eine längere sein. Es könnte sehr wohl die Quellung, mit der wir die Verminderung der Doppeltbrechung einhergehen sehen, in der Zwischenscheibe durch Zumischung einer optisch indifferenten, minder quellungsfähigen Substanz erschwert sein. Aus der einen gemeinsamen Eigenschaft der beiden Streifen, dem gleichen, nur graduell verschiedenen Verhalten gewissen Säuren und Alkalien gegenüber, darf man aber auch andrerseits nicht allzurasch Identität der sie bildenden Substanzen folgern. So unentschieden lag die Sache, als ich meine Untersuchungen begann, zu denen mir ein recht guter Hartnack'scher Polarisationsapparat zu Gebote stand, den Herr Professor Ackermann mit dem mir stets bewiesenen freundschaftlichen und collegialen Entgegenkommen auf meinen Wunsch für das pathologische Institut in Halle angeschafft hatte. Ich wollte nun anfänglich bei der Behandlung des Muskels mit verschiedenen Agentien neben der Querscheibe auch die Zwischenscheibe in ihren eventuellen Veränderungen im Auge be-

---

1) W. Krause, Göttinger Nachrichten 1868 S. 357, u. Die motorisch. Endplatten. Hannover 1869.

2) Th. W. Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 33. 1873.

halten, und arbeitete daher mit starken Objectiven. Da diese aber sehr viel Licht absorbiren, so ereignete es sich, dass ich trotz starker Lichtquelle wiederholt verleitet wurde, die Doppeltbrechung als verschwunden zu erklären, während bei schwächerer Vergrösserung (selbstverständlich bei richtiger Orientirung u. s. w.) dieselben Muskeln noch ganz deutlich hell auf schwarzem Grunde erschienen. Um nicht fortwährend mit den Objectiven wechseln zu müssen, beschränkte ich mich schliesslich auf die alleinige Anwendung schwächerer Systeme, musste damit aber auch auf die Berücksichtigung der Zwischenscheibe und den Versuch, die vorliegende Frage in ihrem ganzen Umfange zu lösen, verzichten. Unter der doppeltbrechenden Substanz des Muskels ist daher im Folgenden, wenn keine weiteren Zusätze gemacht sind, stets nur die der Querscheiben zu verstehen.

Ueber das Verhalten der doppeltbrechenden Substanz des Muskels verschiedenen Agentien gegenüber finde ich in der Literatur das Nachstehende. Von dem Entdecker der Doppeltbrechung der Muskeln, C. Boeck [1]), sind keine näheren Angaben in dem gedachten Sinne gemacht, wenigstens sind solche nicht in den Bericht von Hannover [2]) übergegangen. Das Original selbst habe ich nicht einsehen können. Auch Erlach [3]) ist noch nicht auf die Eigenschaften der doppeltbrechenden Substanz eingegangen. Um so mehr ist aus Brücke's Abhandlung zu entnehmen. Es heisst in derselben (Seite 16): „Dagegen habe ich bemerkt, dass die Muskeln beim Aufquellen in Natron, in Kali, in Essigsäure oder in sehr verdünnter (1 auf 1000) Chlorwasserstoffsäure ihre doppeltbrechenden Eigenschaften verlieren, was nicht der Fall ist, wenn sie in reinem Wasser absterben. Auch durch Kochen der frischen Muskeln werden, wenngleich weniger rasch und vollständig, ihre doppeltbrechenden Eigenschaften zerstört." Ferner geht aus Brücke's Untersuchung hervor, dass durch Alkohol die Dop-

1) C. Boeck, Verhandl. d. skandinav. Naturforscher in Göthaburg 1839 und in Copenhagen 1840.

2) A. Hannover, Ber. üb. d. Leistungen in d. Skandinav. Literatur im Gebiete d. Anat. u. Physiol. in d. J. 1841—1843. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1844.

3) Erlach, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. S. 313.

peltbrechung nicht gestört wird, und ebenso wenig durch die Todtenstarre. Wesentlich diese Angaben sind es, welche man seitdem in den Lehr- und Handbüchern bei dem betreffenden Capitel wiedergegeben findet, so u. A. bei VALENTIN[1]), den ich ausdrücklich erwähnen muss, weil er einige Zusätze zu den BRÜCKE'schen Mittheilungen macht. So scheint ihm siedendes Wasser auf die Muskelfasern der verschiedenen Thiere mit ungleichem Nachdruck einzuwirken, frische Muskelfasern des Krebses verloren die Doppeltbrechung weit rascher als solche des Frosches. Weiter hatte in der Küche gekochtes Rindfleisch zwar den grössten Theil seiner Doppeltbrechung verloren, aber von den eingetrockneten und dann in Canadabalsam gefassten Fasern „änderten die meisten die Gypsfarbe mit grossem Nachdruck." Auch ist zu erwähnen, dass VALENTIN die optischen Eigenschaften unverändert fand in Muskelfasern des Frosches, die durch einen mehrmonatlichen Aufenthalt in Chromsäurelösung gelb und hart geworden waren. Aus der Untersuchung von PLÓSZ[2]), unter Leitung von HOPPE-SEYLER angestellt, sind die folgenden Worte hier anzuführen, zu welchen vorauszuschicken ist, dass unter den Quermembranen unsere Zwischenscheiben zu verstehen sind. „Beim Behandeln mit Salzsäure wird die Doppeltbrechung den Disdiaklasten entsprechend vollkommen aufgehoben, in den Quermembranen wird sie nur schwächer und kann durch Canadabalsam oder Trocknen wieder ganz deutlich hervorgerufen werden. Es ist das wahrscheinlich auf eine Quellung der Quermembranen zu beziehen. Die Doppeltbrechung der Disdiaklasten kann durch kein Mittel wieder hergestellt werden", und „Lösungen neutraler Salze, wie Chlornatrium, schwefelsaures und phosphorsaures Natron etc. — verändern die Doppeltbrechung der Muskelfaser in keiner Weise." Endlich muss ich wenigstens erwähnen eine mir nur durch das Referat im medicinischen Centralblatt bekannt gewordene Publication von NEWMAN[3]), die mir

---

1) VALENTIN, Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe. Leipzig 1861. S. 277.

2) PLÓSZ, HOPPE-SEYLER's med.-chem. Untersuchgn. Hft. 4. S. 510. Berlin 1871.

3) NEWMAN, Journ. of anat. and physiol. 1879. 1. — Med. Centralbl. 1879. S. 803.

aber ganz unverständlich geblieben ist. Wie es mir scheint, soll die Lösung der fetten Substanzen des Muskels in dessen Plasma zu der Doppeltbrechung in Beziehung stehen. Dass das Fett aber mit den optischen Eigenschaften des Muskels gar nichts zu thun hat, zeigen durch Aether entfettete Muskeln, deren Doppeltbrechung Nichts zu wünschen übrig lässt. — Vereinzelte Beobachtungen über das Erhaltenbleiben oder das Verlorengehen der optischen Eigenschaften mögen sich wohl noch manche in der Literatur finden; ihrer theoretischen Wichtigkeit wegen hebe ich nur noch diejenige hervor, welche die Salicylsäure betrifft, in deren Lösung auch bei langer Einwirkung die Doppeltbrechung so gut wie unverändert bleibt [1]).

Wie sich ohne Weiteres übersehen lässt, müssen gerade diejenigen Eingriffe, welche Schwächung oder Vernichtung der Anisotropie zur Folge haben, von besonderer Bedeutung sein für die Feststellung der Natur der anisotropen Substanz, und sind auch in der That in dieser Richtung benutzt worden. Auffallender Weise ist aber so gut wie gar nicht untersucht worden, ob diese Schwächung stets eine dauernde, ob nicht unter gewissen Umständen eine Wiederherstellung der Doppeltbrechung möglich ist. Nur bei Plósz und Valentin finden sich einige hierher gehörige Thatsachen — wie weit die von Plósz angeführten richtig sind, wird später erörtert werden — angeführt, ohne dass denselben jedoch ein besonderer Werth beigelegt wird. Dass überhaupt bei doppeltbrechenden thierischen Geweben, deren optische Eigenschaften durch ähnliche Eingriffe wie die in Rede stehenden geschädigt sind, eine Regeneration möglich ist, geht schon aus der sehr bemerkenswerthen Arbeit von W. Müller [2]) über die Molecularstructur thierischer Gewebe hervor, welche von der Vernichtung der Doppeltbrechung im Bindegewebe durch gewisse Säuren und ihrer Wiederkehr nach Sättigung der Säuren durch Ammoniak handelt. Die Frage nach der Möglichkeit und den Bedingungen der Wiederherstellung der optischen Eigenschaften habe ich nun gerade bei meinen

1) O. Nasse, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 282. 1878.

2) W. Müller, Zeitschr. f. ration. Medicin. X. S. 173. 1860.

eigenen Beobachtungen, zu denen ich jetzt übergehe, ganz besonders in das Auge gefasst, und wie ich glaube, nicht ohne Vortheil für die Deutung derselben. Da ich zu meinen Beobachtungen (quergestreifte) Muskeln ganz verschiedenartiger Thiere aus der Reihe der Vertebraten wie der Avertebraten verwendet habe, so dürfen die aus denselben gezogenen Schlüsse wohl Giltigkeit für die doppeltbrechende Substanz der Querscheiben aller Muskeln beanspruchen. Wo Einschränkungen nöthig sind, werden dieselben besonders hervorgehoben werden.

Der Einfluss des Kochens, d. i. des Erhitzens der Muskeln bei Gegenwart von Wasser und bei nahezu neutraler Reaction auf c. 100° C., soll zuerst behandelt werden. Tagelanges trockenes Erhitzen der Muskeln auf 120—130° C. beeinflusst die Doppeltbrechung gar nicht. Aber auch bei dem Kochen in offenem Gefäss unter fortwährendem Ersetzen des verdunstenden Wassers, sowie bei dem Erhitzen (mit Wasser) in zugeschmolzenem Rohr in kochendem Wasser- oder Kochsalzbad und Fortsetzen des Versuches bis an 100 Stunden sah ich niemals die Doppeltbrechung vollständig verschwinden. Dunkle Färbung der Muskeln kann mitunter die Untersuchung erschweren und hat vielleicht gelegentlich zu Täuschungen geführt. Diese wohl zu beachtende Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperatur, deren auch Brücke ausdrücklich gedenkt, fand ich auch bei glatten Muskeln, z. B. denen von Anodonta. Schwächung der Doppeltbrechung tritt freilich ein, und zwar zunehmend mit der Zeit des Kochens, so dass ich es nicht für unmöglich halte, dass schliesslich, besonders bei der Erhitzung im zugeschmolzenen Rohr im Wasserbad, auch vollkommene Vernichtung zu constatiren ist. Wenn aber die Erhitzung so kurz ist, dass nur gerade die Eiweisskörper des Muskels vollständig coagulirt sind, und ferner der Versuch unter gewissen unten näher anzuführenden Bedingungen angestellt wird, so kann die Veränderung der optischen Eigenschaften des Muskels so gering bleiben, dass man sie als Null bezeichnen muss. Mit dem in die Lehrbücher der Physiologie übergegangenen und fälschlicher Weise oft Brücke in den Mund gelegten Satz: „Kochen vernichtet die Doppeltbrechung der Muskeln" steht diese Thatsache also in dem entschiedensten Widerspruch. Wenn aber auch

bei längerem Erhitzen Schwächung bis nahe an Vernichtung eingetreten ist, so ist, so lange überhaupt noch die feinere Structur der Muskelfaser sich erkennen lässt, auch eine theilweise Wiederherstellung der Doppeltbrechung möglich. Es eignen sich für diese Regeneration besonders Alkohol und concentrirte Chlornatriumlösung, sowie auch Salicylsäure; aber auch das Eintrocknen allein kann, wie VALENTIN's bereits angeführten Beobachtungen zu entnehmen ist, die Doppeltbrechung wieder vermehren. Um einen richtigen Vergleich anzustellen, ist es natürlich nöthig, auch die entsprechenden Muskeln vollkommen ebenso wie die gekochten mit Alkohol oder Salicylsäure zu behandeln, nicht aber mit Chlornatriumlösung, die die Anisotropie frischer Muskeln beeinträchtigt.

Der Grad der Schwächung der Doppeltbrechung durch Kochen ist nun cet. par. von verschiedenen Umständen abhängig, von denen ich zwei als wichtig hervorhebe. Kocht man zunächst die Muskeln, nachdem sie bereits einige, aus den angegebenen Gründen jedoch nur kurze Zeit in den kalt gesättigten und kalten Lösungen der folgenden Salze gelegen haben, nicht in Wasser, sondern in einer heiss gesättigten wässrigen Lösung von Chlorcalcium oder Chlornatrium, so erweist sich der Einfluss des Kochens schon bei der Chlornatriumlösung, ganz besonders aber bei der Chlorcalciumlösung bei Weitem unbedeutender als bei Wasser. Kocht man gar in wasserfreiem Glycerin Muskeln, welche zuvor in Glycerin entwässert waren, so ist die Beeinträchtigung ihrer optischen Eigenschaften noch geringer, ja es kann das Erhitzen in Glycerin, wenn alles Wasser ausgeschlossen ist, dem trockenen Erhitzen an die Seite gestellt werden. Es ergibt sich nun sehr bald bei der Anwendung verschiedener Salzlösungen — ausser den genannten habe ich noch Chlorkalium, essigsaures und schwefelsaures Kali und verschiedene neutrale Natriumsalze benutzt — sowie verschiedener Mischungen von Glycerin mit Wasser, dass der Einfluss des Kochens abnimmt mit Zunahme der Wasser anziehenden Kraft der Lösungen oder Mischungen. Dass man geringe graduelle Unterschiede nicht wahrnehmen kann, ist begreiflich. Man muss bei solchen Versuchen Muskelfasern nicht bloss von gleicher Dicke, sondern auch in gleicher Weise

gedehnt verwenden. Es dürfen ferner nicht die Muskelfasern in den Flüssigkeiten, in welchen sie gekocht wurden, untersucht werden, sondern erst nachdem sie hinreichend in Wasser ausgesüsst sind. Es würde ja sonst bei gleichen optischen Eigenschaften eine durch die Wasserentziehung seitlich stark geschrumpfte Muskelfaser stärker doppeltbrechend erscheinen als eine frische Faser von gleicher Breite, weil in jener eine grössere Anzahl doppeltbrechender Elemente auf dem Querschnitt von gleicher Grösse enthalten ist.

Gehen wir nun über zu einem zweiten Moment, welches von Einfluss ist auf die Wirkung des Kochens. Wie bereits angedeutet, hatte ich die Muskeln des besseren Vergleiches mit ungekochten halber stets in gespanntem Zustand gekocht, kam aber zunächst nicht auf den Gedanken, in diesem Umstand den Grund meiner auffallend wenig ungünstigen Erfolge des Kochens zu suchen. Ganz klare Einsicht erhielt ich, als ich die an den Muskeln angestellten Versuche mit gut ausgewaschenem Blutfaserstoff wiederholte, wozu ich veranlasst wurde durch Hermann's [1]) Mittheilung, dass die Fibrinfasern doppeltbrechend sind, und zwar positiv einaxig wie die Muskelfasern, und mit einer der Faserrichtung entsprechenden Axenlage, und dass bei dem Erhitzen der Fibrinfasern ihr Doppeltbrechungsvermögen bis auf undeutliche Reste schwindet. Es sei hier gleich gesagt, dass die Versuche mit Faserstoff die Beobachtungen am Muskel in ausgezeichneter Weise ergänzen und zur Erklärung mancher Erscheinungen von grosser Bedeutung sind. Um das Fibrin nach dem Kochen leichter in zur polariskopischen Untersuchung geeignete Fäserchen zerzupfen zu können, glaubte ich am besten so zu verfahren, dass ich Fibrinfasern aufspannte, und zwar in der Art, dass ich die beiden Enden der gespannt gehaltenen Faser mit dünnen Zwirnsfäden auf einem Holzstäbchen befestigte. Neben so vorbereiteten Fibrinfasern wurden nun auch ungespannte gekocht. Da fiel mir ein wirklich enormer Unterschied auf: die ungespannten Fasern verhielten sich ganz, wie es Hermann angibt, sie waren nur mehr äusserst schwach anisotrop, über die gespannten finde ich in meinen Notizen ange-

1) L. Hermann, Handbuch der Physiologie. I. 1. S. 253. Leipzig 1879.

geben, dass ihr Doppeltbrechungsvermögen sogar dasjenige frischer Fibrinfasern übertraf. Auf das letztere ist natürlich kein Gewicht zu legen, da mit dem Kochen eine seitliche Schrumpfung der Fasern einhergeht, ein directes Vergleichen solcher geschrumpfter Fasern mit frischen also nicht statthaft ist (vgl. oben das bei den Muskeln aus Salzlösungen erwähnte), hier handelt es sich nur um den Unterschied zwischen den beiden Arten gekochter Fasern. An diese Beobachtung schloss sich sofort der analoge Versuch mit Muskeln, und so erklärte sich mir der bereits erwähnte, auffallend wenig ungünstige Erfolg des Kochens in allen meinen Versuchen. Auf die Deutung der Thatsache komme ich weiter unten. Hier muss ich nur noch einmal zu dem Fibrin zurückkehren, um zu bemerken, dass bei dem Kochen desselben unter verschiedenen Bedingungen die gleichen minimalen oder andererseits bedeutenderen Veränderungen wie bei dem Muskel eintreten, kurz, dass die Resultate der mit dem Fibrin angestellten Versuche sich mit den von dem Muskel berichteten vollkommen decken, daher ihre Wiedergabe im Einzelnen überflüssig ist. Da die Fibrinfäserchen aber, die man durch Zerzupfen erhält, nicht bloss in der Dicke, sondern auch in der Dichtigkeit von vornherein schon sehr verschieden sind, so können geringe Unterschiede hier noch weniger genau erkannt werden, als beim Muskel.

Es wäre nun zu sehen, wie weit die Kochexperimente bereits den Versuch gestatten, die von vornherein behauptete Eiweissnatur der doppeltbrechenden Substanz der Muskeln zu beweisen. Sehr zweckmässig erscheint es, an die am Faserstoff, und zwar zunächst einzig an die an dem gespannten Faserstoff beobachteten Erscheinungen anzuknüpfen. Es ist vollkommen durch Hitze geronnenes, d. i. zu coagulirtem Eiweiss gewordenes Fibrin, welches von dem frischen Fibrin in den optischen Eigenschaften so gut wie gar nicht abweicht. Die eingetretene Coagulation lässt sich leicht nachweisen durch die Behandlung mit sehr verdünnter (1 auf 1000) Salzsäure. Die Faser bleibt in der Salzsäure fast undurchsichtig und verändert sich nur insofern, dass die anfänglich ganz straff gespannte Faser nach einiger Zeit schlaff wird, sich verlängert. Etwas Quellung tritt also immer noch ein, freilich in ganz

anderer Richtung wie bei rohen Fasern, die kürzer und dicker werden. Von diesen gekochten, aus coagulirtem Eiweiss bestehenden, in der Querrichtung gar nicht quellenden Fasern zu den rohen, rasch in bekannter Weise glasartig aufquellenden bilden die, sei es aus Mangel an Wärme sei es aus Mangel an Wasser, unvollständig coagulirten Fasern — letztere vor dem Einbringen in die Salzsäure ausgesüsst — durch ihren verschiedenen Grad der Quellung Uebergänge. In ähnlicher Weise zeigen auch die gekochten Muskeln ihre Quellbarkeit in sehr verdünnter Salzsäure verändert. Makroskopisch lassen sich diese Veränderungen freilich nicht so gut erkennen wie bei dem Faserstoff, einestheils weil die Quellung in dem Organ Muskel nicht so unbehindert ist wie in dem Stoff Fibrin, und anderentheils weil in dem Muskel die Quellungsfähigkeit auch nur einem Theil desselben, den Querscheiben, in besonderem Grade eigen ist. Sehr wohl kann man aber mikroskopisch die gekochten von den ungekochten, hier auch mehr isolirten Muskelfasern durch die grössere Widerstandsfähigkeit der letzteren, beziehungsweise ihrer Querscheiben, gewissen verdünnten Säuren gegenüber unterscheiden, und endlich auch mit Hilfe des Polarisationsapparates sehen, dass der Quellungsfähigkeit entsprechend die Anisotropie der Querscheiben frischer Muskeln durch dieselben Säuren sehr viel mehr geschädigt wird, als die gekochter Muskeln. Letztere Prüfung ist natürlich auch mit Fibrinfasern mit demselben Erfolge anzustellen.

Aus den mitgetheilten, übrigens keineswegs als durchgehends absolut neu hinzustellenden Thatsachen den auch keineswegs neuen Schluss auf die eiweissartige Natur der anisotropen Substanz des Muskels ziehen zu dürfen, unterliegt wohl keinem Bedenken. Gamgee gegenüber betone ich, dass es sich meiner Ansicht nach wirklich um Eiweiss handelt, nicht um some derivative of the proteid bodies, und stütze mich dabei auf die so vollständige Uebereinstimmung in dem Verhalten des doch sicher als reiner Eiweisskörper zu bezeichnenden Fibrins mit der Substanz der Querscheiben der Muskeln beim Erhitzen.

Mit der Auffindung der Thatsache, dass das Kochen unter bestimmten Umständen die optischen Eigenschaften des Muskels so gut wie gar nicht verändert, löst sich ein Widerspruch, den ich nach

neuerdings selbst hervorgehoben habe [1]), darin bestehend, dass in Alkohol und in Salicylsäure und ebenso in vielen anderen Substanzen oder deren Lösungen, welche die Eiweisskörper nach kürzerer oder längerer Zeit in coagulirte, von den durch Hitze coagulirten chemisch gar nicht zu unterscheidende Stoffe umwandeln, im Gegensatz zu den früheren Erfahrungen beim Kochen die Anisotropie nicht wesentlich leidet. Es waren eben bis dahin die Muskeln niemals unter den einzig richtigen Bedingungen, nämlich im gespannten Zustand, gekocht worden. Sollte Jemand auf den Gedanken kommen, den Einfluss der Spannung mit unvollständiger Coagulation erklären zu wollen, so braucht er nur eine gespannte und eine ungespannte Faser unter sonst ganz gleichen Bedingungen, jedoch möglichst kurz zu kochen und dann die Fasern in verdünnte Salzsäure zu bringen. Unterschiede in der Quellung lassen sich da nicht finden. Durch die Spannung wird also nicht ein chemisches, sondern ein mechanisches Moment eingeführt. Die Spannung verhindert die doppeltbrechenden Theilchen von ihrer regelmässigen Anordnung abzuweichen, welches Abweichen bei der ungespannten Muskel- oder Fibrinfaser (am deutlichsten bei der letzteren) sich auch äusserlich in der unregelmässigen Schrumpfung zu erkennen gibt [2]). Diese Lageveränderung scheint mir um so stärker zu sein, je plötzlicher die Hitze einwirkt: ich finde langsam auf 100° C. erwärmte Fibrinfasern nicht so schwach anisotrop als solche, die direct in siedendes Wasser geworfen sind, auch den Unterschied zwischen gespannten und ungespannten Fasern daher in ersterem Falle geringer. Sehr viel unbedeutender, aber doch immer noch wahrnehmbar sehe ich übrigens auch

---

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln. S. 270.

2) Auch bei der Zubereitung des Fleisches in der Küche macht sich der Einfluss der Spannung bemerkbar: fast ungeniessbar hart pflegen z. B. die Unterschenkelmuskeln zu werden, wenn, wie dies bei den kleinen und mittelgrossen Säugethieren (Hasen, Hämmel) gebräuchlich ist, das Fussgelenk sammt der unteren Hälfte des Unterschenkels entfernt ist, während dieselben ganz leidlich weich bleiben, wenn das Fussgelenk erhalten und so die starke Retraction der Muskeln verhindert wird. Bei dem Braten treten diese Unterschiede mehr hervor als beim Kochen.

einen Unterschied in dem Doppeltbrechungsvermögen zwischen gespannten und ungespannten Muskel- oder Fibrinfasern, die in Alkohol oder Salicylsäure coagulirt sind. Wie die Fibrinfasern als einfache, nicht organisirte Massen in Salzsäure sehr viel mehr quellen als die Muskelfasern, so schrumpfen sie auch mehr, und die besprochene Wirkung der Spannung ist bei ihnen stets viel auffallender. Ebenso kann es aber auch, wenn es sich um dieselbe Substanz handelt, die mit anderen Substanzen oder organisirten Theilen verbunden ist, gerade von der Art dieser Verbindung abhängen, in welchem Grade Quellung oder Schrumpfung sich bemerkbar macht. So lange eine bedeutendere chemische Verschiedenheit der doppeltbrechenden Substanz in den Muskeln verschiedener Thiere — kleine Unterschiede erkenne ich selbst an, wie sich weiter noch zeigen wird — nicht nachgewiesen ist, möchte ich daher auch die Valentin'sche oben mitgetheilte Beobachtung, dass die Muskeln des Krebses in siedendem Wasser die Doppeltbrechung weit rascher verlieren als die des Frosches, in erster Linie durch solche mechanische Verhältnisse zu erklären suchen. Gespannte Muskeln verschiedener Thiere ganz kurz gekocht haben mir auch niemals derartige Unterschiede gezeigt.

Wenn nun aber längeres Kochen die Doppeltbrechung auch gespannter Fasern schliesslich doch sehr beeinträchtigt, handelt es sich da auch um eine Lageveränderung der doppeltbrechenden Theilchen? Darauf ist ganz entschieden mit Nein zu antworten, denn es lässt sich nicht einsehen, auf welche Weise die oben angeführten regenerirenden Mittel Alkohol, gesättigte Kochsalzlösung, Salicylsäure und einfaches Eintrocknen (Valentin) die Theilchen in ihre regelmässige Lage zurückführen könnten. Es sind einerseits wasserentziehende und andererseits eiweisscoagulirende Mittel, welche das Doppeltbrechungsvermögen bis zu einem gewissen Grade wiederkehren machen; man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man hiernach bei dem längeren Kochen auf eine Quellung der doppeltbrechenden Substanz schliesst. Das kann man makroskopisch freilich nicht nachweisen, und wenn man durch längeres Erhitzen, zumal im zugeschmolzenen Rohr oder in einer Druckflasche im Wasserbad schliesslich deutlich Quellung oder gar Lösung erhält, so ist der Einwand, es

sei eine vollkommene Zersetzung eingetreten, so lange nicht zurückzuweisen, bis man auf irgend eine Weise aus der Lösung die doppeltbrechenden Theile in fester Form und zwar annähernd mit ihren ursprünglichen Eigenschaften wiedergewinnen kann. Bei gespannten Muskeln glaube ich mich aber mit Bestimmtheit von einer Quellung der Querscheiben überzeugt zu haben. Die Quellung ist jedenfalls eine sehr allmählige, und in dieser langsamen Entwicklung der Quellung liegt der Grund, dass die optischen Eigenschaften kurz gekochter gespannter Muskeln noch nicht sichtbar verändert sind.

Wird es somit nothwendig, von dieser secundären Folge des Kochens die Veränderung, welche kurzes Kochen in der doppeltbrechenden Substanz hervorruft (einfache Coagulation der Eiweisssubstanz) zu unterscheiden, so ist andererseits aber auch nicht zu vergessen, dass hauptsächlich eine Bedingung in beiden Fällen erfüllt sein muss, sollen die besprochenen Veränderungen wirklich eintreten: Wasser muss zur Verfügung stehen. Bezüglich der Coagulation kann man weiter ganz allgemein aussprechen, dass, wenn auf irgend eine Weise Eiweiss coagulirt wird, Wasser mit im Spiele ist. Um sich von dieser Thatsache, die mir bisher nicht genug berücksichtigt zu sein scheint, zu überzeugen, stelle man u. a. folgenden Versuch an. Fibrinfasern, gespannt und rasch an der Luft getrocknet (oder auch feucht, wie man sie nach Ausdrücken des Fibrins mit der Hand in einem Tuch erhält), werden in Gefässe mit Alkohol verschiedener Stärke (von nahe 100 % bis zu 15 % herab) gebracht, nach einiger Zeit (4—10 Tage) herausgenommen, rasch unter der Luftpumpe getrocknet und nun in verdünnte Chlorwasserstoffsäure (1 ‰) gelegt. Nach wenigen Stunden der Einwirkung der Säure schneide man sie von den Fäden los und lege sie parallel nebeneinander auf eine Glasplatte, um sie gegen einen dunklen Grund zu betrachten. Die Fasern zeigen sich dann in verschiedenem Grade gequollen, am stärksten die aus dem absoluten Alkohol. Für die Praxis ergibt sich hieraus eine nicht unwichtige Regel: es ist, um Eiweisskörper durch Alkohol zu coaguliren, nicht gleichgültig, wie gross der Alkoholgehalt der Mischung ist. Die richtige Stärke für jeden einzelnen Fall anzugeben, wird, auch neutrale Reaction des Gemisches vorausgesetzt, nicht leicht sein, da

u. a. der Salzgehalt des Eiweisses, wie die Untersuchung von Aronstein [1]) gelehrt hat, auf die Fällbarkeit des Eiweisses durch Alkohol, welche natürlich Vorbedingung der Coagulation ist, mit bestimmend sein kann. Ebenso wie Alkohol bringt auch Aether nur bei Gegenwart von Wasser die Coagulation zu Stande, und dasselbe wird sich sicher zeigen bei der Behandlung der Eiweisskörper mit anderen coagulirenden Stoffen, z. B. diversen Metallsalzen u. s. w.

Es gibt übrigens Fälle von Coagulation, in welchen der coagulirende Stoff, oder allgemeiner gesagt das coagulirende Agens, keineswegs bestimmt bezeichnet werden kann, die Gegenwart von Wasser allein schon zu genügen scheint zum Eintreten der bei Zimmertemperatur stets längere Zeit in Anspruch nehmenden Coagulation. Freilich handelt es sich dabei immer um Eiweisskörper, die aus ihrer Lösung bereits auf irgend eine Weise, z. B. durch Abstumpfung des Alkalis oder der Säure oder Entziehung von Salz, gefällt sind. Die Anfänge solcher Coagulation sind oft gesehen worden, so u. a. besonders die Abnahme der Löslichkeit des ausgefällten Acidalbuminats in verdünnten Säuren und Alkalien. Es hat zuerst Kühne [2]) diese Erscheinung erwähnt, später Mörner [3]), und jüngst hat sie Sander [4]) unter Kronecker's Leitung studirt. Ebenso büsst der neuerdings von Salkowski [5]) für die Abscheidung des Eiweisses empfohlene Eiweissniederschlag, welchen man durch Essigsäure und Kochsalz oder irgend ein anderes Salz der Alkalien oder alkalischen Erden erhält, allmählig seine Löslichkeit in Wasser ein. Das Unlöslichwerden des durch Wasser gefällten Myosins hat Weyl [6]) beobachtet und den Vorgang als Albuminatbildung bezeichnet. Diese Auffassung glaubt A. Danilewski [7]) bekämpfen zu müssen, weil dem

---

1) Aronstein, Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 75. 1874.

2) W. Kühne, Untersuchungen über d. Protoplasma etc. Leipzig 1864. S. 16.

3) Mörner, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 468. 1878.

4) Sander, Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin. Jahrg. 1880-1881. No. 9. 4. März. 1881.

5) Salkowski, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1880. S. 689.

6) Weyl, Zeitschr. f. physiol. Chemie. I. S. 72. 1877-1878.

7) A. Danilewski, ebenda V. S. 158. 1881.

unlöslich gewordenen Myosin eine Anzahl von dem frischen Myosin eigenen Reactionen abgehen. Eine Umlagerung der Atome oder Atomgruppen im Myosinmolekül soll stattgefunden haben. Das mag sehr wohl sein, ob aber Erhitzen nicht ganz dieselben Veränderungen hervorruft, darüber äussert sich Danilewski nicht. Ich sehe daher vorläufig keinen Grund, von der Annahme abzugehen, dass aus einem bestimmten Eiweiss die verschiedenen coagulirenden Agentien stets das gleiche coagulirte Eiweiss (oder Albuminat) bilden. Es kann nicht Wunder nehmen, wenn auch Eiweisskörper, welche aus thierischen Flüssigkeiten sich ohne unser Zuthun (spontan pflegen wir es zu nennen) ausscheiden, wie insbesondere der Blutfaserstoff bei Aufbewahrung in Wasser, langsam aber deutlich in den coagulirten Zustand übergehen. Achtet man auf diese Veränderung der Eiweissstoffe nicht, so wird man z. B. beim Auswaschen von gefälltem Eiweiss grosse Verluste erleiden können, falls dasselbe wieder gelöst werden sollte, und gelegentlich verschiedene Störungen beim Experimentiren erfahren, auch Versuchsfehler machen. So blieben u. a. mir anfänglich die erwähnten Alkohol-Coagulationsversuche resultatlos, weil ich den Alkohol, statt durch Trocknen unter der Luftpumpe, durch längeres Auswässern zu entfernen suchte, durch das Auswässern aber den Coagulationsprozess in allen Fibrinfasern ziemlich weit fortschreiten machte, so dass die anfänglichen Unterschiede verwischt wurden. Dieser scheinbar ohne sichtbare Ursache sich vollziehende Coagulationsprozess wird auffallend beschleunigt schon durch niedere Wärmegrade (bis c. 30 ° C.), dagegen sehr verzögert bei 0° C., so dass man überhaupt in der Wärme wohl die Ursache der Veränderung der Eiweissmoleküle vermuthen möchte.

Nächst dem Wasser gibt es aber cet. par. noch verschiedene andere Verhältnisse, wenn auch nur von secundärer Bedeutung, welche auf die Coagulation einwirken und bei dem Studium dieses ungemein wichtigen, lange nicht eingehend genug verfolgten Vorganges mit in das Auge gefasst werden müssen. Es sei hier nur erinnert an die von Aronstein entdeckte Nichtfällbarkeit des salzfreien Eier- oder Serumeiweisses durch Erhitzen wie durch Alkohol, an das von Hoppe-Seyler beobachtete eigenthümliche Verhalten einer Mischung von Mucin

mit Eiweiss, an die im 1. Abschnitt (S. 15) erwähnte Nothwendigkeit, die Eiweisslösung stark anzusäuern, wenn ihr zuvor Senföle zugemischt waren. Aehnliche, nicht weiter ausführlich mitgetheilte Beobachtungen hat auch SANDER bei der allmähligen, scheinbar spontanen Gerinnung des ausgefällten Acidalbuminats gemacht. Ich halte es auch nicht für unmöglich, dass die so oft behauptete und noch öfters bestrittene Verschiedenheit des arteriellen und venösen Blutfaserstoffs in einer ungleichen Verzögerung oder Beschleunigung der Coagulation durch irgend welche Agentien (vielleicht durch die Kohlensäure) ihre Erklärung findet.

Zum Schluss noch ein Wort über die Veränderung des Eiweissmoleküls bei der Coagulation. Ich möchte noch einmal erklären, dass es für mich vorläufig keinem Zweifel unterliegt, dass es, wie oben bereits angedeutet worden ist, nur eine Coagulation gibt, dass die verschiedenen coagulirenden Agentien aus einem bestimmten Eiweisskörper stets den gleichen Stoff bilden, während die aus verschiedenen Eiweissstoffen gebildeten coagulirten Körper zwar in gewissen äusseren Eigenschaften (Löslichkeit bezw. Unlöslichkeit in verschiedenen Medien u. s. w.) übereinstimmen, übrigens aber eine ganz verschiedene Zusammensetzung und bei gleicher procentischer Zusammensetzung eine verschiedene Lagerung der Atome, bemerkbar in der Bindungsweise des Schwefels und des Stickstoffs, haben können. Die bedeutende Rolle, welche das Wasser bei jeder Coagulation spielt, macht es mir wahrscheinlich, dass ein Proteïnhydrat gebildet wird. Ob ausser dieser (hypothetischen) Hydratisirung und der von DANILEWSKI behaupteten inneren Umlagerung noch andere Veränderungen des Eiweissmoleküls eintreten, bleibt offene Frage. Der Einfluss der coagulirenden Agentien, insbesondere des Kochens, auf die Zusammensetzung der Eiweisskörper ist sicher vielfach überschätzt worden. Unbestritten bleibt freilich die Thatsache, dass bei dem Erhitzen eiweisshaltiger Flüssigkeiten oft Ammoniak und Schwefelwasserstoff frei wird, indessen aus solchen auch noch so oft wiederholten Beobachtungen einen allgemeinen Schluss zu ziehen, ist nicht gestattet. Die betreffenden Versuche, wenn sie überhaupt so zu nennen sind, sind falsch, in erster Linie weil, so weit ich

sie verfolgt habe, niemals mit (möglichst) reinen einfachen Eiweisskörpern operirt worden ist, und zweitens weil das Kochen, das ja sicher nach längerer Zeit die Eiweisskörper eingreifend verändert oder zerstört, aus diesem Grunde überhaupt kein geeignetes coagulirendes Mittel ist, der Schnelligkeit der Wirkung wegen aber anderen Agentien vorgezogen worden ist.

Hiermit sei aber der kleine Excurs über die Coagulation der Eiweisskörper beendet, den ich mir an die Besprechung des Kochens in seiner Einwirkung auf die doppeltbrechende Substanz des Muskels anzuschliessen erlaubt habe. —

Beim Aufquellen in gewissen Alkalien und Säuren sah Brücke die Muskeln ihre doppeltbrechenden Eigenschaften verlieren. Der Zusatz „gewisse“ ist hier durchaus nöthig, nur durch ein Versehen ist derselbe im Artikel Chemie und Stoffwechsel der Muskeln in L. Hermann's Handbuch der Physiologie fortgeblieben, da mir schon damals eine Reihe von Säuren, u. a. die Salicylsäure, bekannt waren, welche die optischen Eigenschaften nicht merklich verändern. Somit sind die alkalischen und sauren anorganischen oder organischen Verbindungen — ein Ausdruck, den ich vorziehe, weil er auch die sauren Salze umgreift — in zwei Gruppen zu bringen. Die Trennung ist indess keine scharfe, da dieselbe Verbindung je nach der Concentration ihrer wässrigen Lösung verschieden wirken und so in beide Gruppen gehören kann. Diese erste Gruppe enthält demnach diejenigen Verbindungen bezw. Lösungen derselben, welche wie verdünnte Essigsäure und Salzsäure, wie Kali und Natron das Doppeltbrechungsvermögen unter Aufquellen verringern, und die zweite diejenigen Verbindungen u. s. w., welche die optischen Eigenschaften nicht merklich verändern. Aber da die Kochversuche gezeigt haben, dass die optischen Eigenschaften der doppeltbrechenden Substanz so gut wie unverändert sein können, während ihre chemischen Eigenschaften ganz beträchtlich verändert sind, so sind dann aus der zweiten Gruppe der alkalischen und sauren Verbindungen u. s. w. diejenigen, welche auch die chemischen Eigenschaften intact lassen, herauszuheben. Solcher Verbindungen — als Beispiel erwähne ich ihrer practischen Bedeutung halber die Benzoë-

säure — gibt es eine ganze Anzahl; sie sind aus der Uebersicht im ersten Abschnitt herauszufinden durch ihre gemeinsame Eigenschaft, die Eiweisskörper nicht zu fällen, ohne aber unlösliche Eiweisskörper, wie die des Muskels oder das in der Uebersicht wegen der wesentlichen Uebereinstimmung mit einem Theile des Muskels nicht aufgeführte Fibrin, zu quellen oder gar zu lösen. Findet sich andererseits, dass diejenigen Verbindungen, welche die Doppeltbrechung schädigen, sämmtlich Eiweiss quellen (am Muskel bereits zu sehen) bezw. lösen, so wäre wieder ein Beweis für die Eiweissnatur der anisotropen Substanz beigebracht. Von den nun noch übrig bleibenden Stoffen, die sämmtlich die Eiweisskörper fällen und nachträglich coaguliren, und trotzdem (falls sie nicht etwa noch eine Nebenwirkung ausüben, etwa oxydiren wie die Pyrogallussäure) die Doppeltbrechung intact lassen, ist nach den an die Wirkung des Kochens angeknüpften allgemeineren Betrachtungen über die eiweisscoagulirenden Substanzen hier nicht weiter zu reden nöthig. Neben den aus der erwähnten Uebersicht sich ergebenden organischen Verbindungen, unter welchen aus wiederholt angegebenen Gründen für die practische Verwendung die Salicylsäure in erster Linie zu nennen ist, müssen aber noch zwei anorganische Säuren, die Salpetersäure und Chromsäure, angeführt werden.

Ganz entsprechend den Müller'schen Angaben über Regeneration der Doppeltbrechung des durch Säuren gequollenen Bindegewebes ist nun auch beim Muskel (wie bei dem zur Controle vieler der am Muskel beobachteten Erscheinungen nicht genug zu empfehlenden Faserstoff), der sei es durch alkalische, sei es durch saure Substanzen gequollen ist, die Wiederherstellung möglich, vorausgesetzt, dass die Wirkung nicht bereits zu weit gegangen war, bis zur Lösung geführt hatte. Ist die Quellung nicht hochgradig, so genügt schon die Wasserentziehung und das Auswaschen durch absoluten Alkohol, andernfalls muss vorsichtig neutralisirt werden. Ich würde bei dieser Thatsache überhaupt nicht verweilen, wenn ihr nicht die oben erwähnte Angabe von Plósz gegenüberstände, dass die Doppeltbrechung der Disdiaklasten, durch Salzsäure vernichtet, durch kein Mittel wieder herzustellen wäre. Entweder hat Plósz nicht die richtigen Mittel, die nicht näher bezeichnet

werden, angewendet, oder, was ich für das wahrscheinlichere halte, die Salzsäure hat zu lange eingewirkt, die doppeltbrechende Substanz ist zum grössten Theil gelöst, ausgezogen worden.

Von viel grösserem Interesse und die Erkenntniss der Natur der doppeltbrechenden Substanz des Muskels weit mehr fördernd ist ihr Verhalten gegen gewisse neutrale Salzlösungen. Wir gehen nun schon davon aus, dass die anisotrope Substanz aus Eiweiss besteht, und werden uns nicht weiter aufhalten bei denjenigen Salzlösungen, welche alle Eiweisskörper fällen und sie dann coaguliren. Es gehören hierher die meisten Salze der schweren Metalle in bestimmten Concentrationen (Ausnahmen bildet u. a. essigsaures Bleioxyd), ferner verschiedene organische Ammoniaksalze wie Anilinsalze u. s. w. Wohl aber müssen diejenigen Salzlösungen (Lösungen eines Salzes in jeder oder nur in ganz bestimmter Concentration), welche nur den Eiweisskörper der Querscheiben ausfällen oder unverändert lassen und in diesen beiden Fällen auch die Doppeltbrechung nicht schädigen, oder andererseits quellend und lösend wirken, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Ich finde nun, dass alle diejenigen Salzlösungen, welche das Myosin lösen, auch die Doppeltbrechung des Muskels — natürlich des frischen, nicht des gekochten oder auf irgend eine andere Weise coagulirten — am meisten schädigen, und muss mich hiernach unbedingt für die Identität der anisotropen Substanz der Querscheiben des Muskels mit Myosin aussprechen. Die Wiedergabe meiner Versuche im Einzelnen, die mich schon vor mehr als zwei Jahren zu diesem Schlusse führten, glaube ich dem Leser ersparen zu sollen, um so mehr, als einiger der wichtigeren Versuche noch gelegentlich gedacht werden muss. Ganz unbegreiflich bleibt es mir, wie Plósz und Hoppe-Seyler die auch schon von Engelmann beobachtete Quellung der Querscheiben und die Abnahme der Doppeltbrechung bei der Einwirkung von zehnprocentiger Kochsalzlösung hat entgehen können. Mir zeigte sich sogar in concentrirter Kochsalzlösung die Anisotropie noch verringert, was übereinstimmt mit Demant's [1]) Angabe, dass Myosin durch

1) Demant, Zeitschr. f. physiol. Chemie. III. S. 241. 1879.

eine solche Lösung keineswegs vollkommen auszufällen ist. Wie sehr Plósz irrt, wenn er glaubt, durch zehnprocentige Kochsalzlösung das Myosin aus dem Muskel vollständig extrahiren zu können, habe ich unter Hinweis auf L. Hermann's vergebliche Bemühungen in dieser Richtung früher einmal hervorgehoben [1]). Die Muskeln von Plósz blieben doppeltbrechend, nicht trotzdem ihnen das Myosin entzogen, sondern weil ihnen nur sehr wenig Myosin entzogen war. Es sind überhaupt zehnprocentige oder andere Kochsalzlösungen keineswegs die besten Lösungsmittel für Myosin; am besten hat sich mir in dieser Beziehung eine fünfzehnprocentige Salmiaklösung bewährt, die mit Recht auch von Danilewski [2]) zur Myosingewinnung empfohlen wird, die sich ferner auch zur Lösung von Fibrin mehr eignet als die Lösungen vieler anderer Salze, insbesondere des stets aufgeführten Salpeters. Es ist diese grosse Aehnlichkeit zwischen Myosin und Fibrin wohl zu beachten.

Die durch die Salze in den Querscheiben gequollenen und in den optischen Eigenschaften geschädigten Muskeln erlangen die letzteren bei geeigneter Behandlung zum Theil wieder, so durch Aenderung der Concentration der Salzlösung und durch Wasserentziehung vermittelst Alkohol. Des letzteren bedient man sich am besten bei den in Alkohol löslichen Salzen.

Die Ausdehnung der Salzversuche auf quergestreifte Muskeln sehr verschiedener Thiere sowie auf glatte Muskeln, z. B. von Anodonta, hat mich dazu geführt den Muskeln überhaupt eine myosinartige Substanz zuzusprechen, worauf ich im letzten Abschnitte noch einmal zurückkommen werde.

Ueber die Beziehungen einer Reihe von organischen Verbindungen der verschiedensten Art zu dem Muskel. Verbindungen von weder saurem noch basischem Charakter, meist alkoholartiger Natur, ferner Ketone, substituirte sauerstofffreie Kohlenwasserstoffe u. s. w. ist der vorige Abschnitt zu vergleichen. Eine Anzahl dieser Stoffe wirkt ähnlich dem (Aethyl-) Alkohol, mit dem wir uns bereits sehr eingehend beschäftigt

---

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln S. 270.

2) A. Danilewski, Zeitschr. f. physiol. Chemie. V. S. 158. 1881.

haben. Mit ein paar Worten muss ich aber doch noch einmal auf den Alkohol zurückkommen. Für HOPPE-SEYLER ist (vgl. darüber oben S. 23 die wörtliche Wiedergabe seiner Aeusserung) die Coagulation der anisotropen Scheiben durch Alkohol eine Instanz gegen ihre Identität mit Myosin, aber dass sie aus einer Globulinsubstanz bestehen, hält HOPPE-SEYLER für möglich. Nun wird aber Myosin allgemein und auch von HOPPE-SEYLER zu den Globulinsubstanzen gerechnet, die Globulinsubstanzen werden ferner sämmtlich durch Alkohol coagulirt, entweder müsste demnach HOPPE-SEYLER alle Globulinsubstanzen überhaupt ausschliessen oder dürfte die Coagulation der Querscheiben des Muskels durch Alkohol nicht in obiger Weise verwerthen.

Das Hereinziehen des Fibrins in die vorliegende Untersuchung hat mir noch einige Betrachtungen und Experimente nahegelegt, über die hier zum Schluss noch zu berichten ist. Die natürliche (spontane) Ausscheidung des Fibrins aus gerinnbaren thierischen Flüssigkeiten in doppeltbrechenden Fasern musste es wahrscheinlich machen, dass auch das Myosin bei der Gerinnung des Muskelplasmas (KÜHNE) sich in solchen Fäden ausscheide. Zu meinem Bedauern ist mir der betreffende Versuch wegen zu rascher Gerinnung des aufthauenden Muskelschnees nicht vollkommen gelungen, aber ich zweifle nicht an seinem Gelingen, und zwar weil ich aus künstlichen Lösungen, wie von Fibrin, so auch von Myosin doppeltbrechende Fasern erhalten habe. Da bis jetzt leider kein Mittel gefunden ist, aus Fibrin oder todtenstarren Muskeln wieder gerinnungsfähige Flüssigkeiten herzustellen, so müssen also die Gerinnsel auf andere Weise künstlich erzeugt werden. Da ist nun die erste Bedingung, der Ausscheidung auch die richtige Form, die von Fäden nicht von feinen Körnern zu geben. Fäden lassen sich im Allgemeinen erhalten, wenn man die Lösung aus einer gewissen Höhe (am besten direct vom Filter, um möglichst wenig Gefässe zu benutzen und so den Staub mit den ihrer starken Anisotropie wegen sehr störenden Pflanzenfasern, so viel es angeht, auszuschliessen) tropfenweise in die niederschlagende Flüssigkeit hineinfallen lässt, oft auch schon bei di-

recter Mischung beider Flüssigkeiten unter gleichmässigem Bewegen des Glasstabes nach einer Richtung. Auf diese Weise habe ich schön doppeltbrechende Fasern von Fibrin oder Myosin beim Eintropfen ihrer Kochsalz- oder Salmiaklösungen in Alkohol erzeugt. Auch beim Neutralisiren einer alkalischen oder sauren Lösung von Fibrin oder Myosin bilden sich solche Fasern. Ich sage absichtlich nur „saure Lösung" und nicht „Acidalbuminat" etc. da man nach den eingehenden Studien von Danilewski [1]) dieses erste Stadium der Lösung in Säure oder Alkali, in welchem die Eigenschaften der gelösten Substanz noch vollkommen erhalten sind, von einer wirklichen Umwandlung in eine neue, als Acid- bezw. Alkalialbuminat zu bezeichnende Eiweissmodification wohl unterscheiden muss. Aehnlich wie bei dem oben besprochenen Uebergang des ausgeschiedenen Acidalbuminats in coagulirtes Eiweiss finde ich hier das erste Stadium der einfachen Lösung um so länger dauern, je niederer die Temperatur ist.

Das Auftreten doppeltbrechender Fasern bei der Fällung einer Eiweisslösung darf nun aber keineswegs als Beweis für einen Gehalt der betreffenden Lösung an einem der beiden in Rede stehenden Stoffe angesehen werden. Auch Eiweisslösungen, welche sicher vollkommen frei sind von Myosin und Fibrin, wie Blutserum, Muskelserum, Hühnereiweiss, können solche Fasern liefern, doch scheint die Bildung derselben sehr viel schwieriger zu sein. So gab mir die Fällung von Hühnereiweiss durch Alkohol, durch Acetophenon u. s. w. wiederholt die schönsten, regelmässigsten Fasern, ohne dass auch nur eine Spur von Anisotropie an ihnen zu erkennen war. Die Form der Ausscheidung allein bedingt also nicht die optischen Eigenschaften. Meine Versuche mit verschiedenen Eiweisslösungen sind nicht ausgedehnt genug, um zu einem allgemeineren Satze schon zu führen. Gedenke ich noch der doppeltbrechenden Fasern, gewonnen aus zerkleinerter und möglichst von löslichem Eiweiss befreiter Leber und Niere durch Behandeln mit zehnprocentiger Kochsalzlösung u. s. w., so könnte ich höchstens als wahrscheinlich hinstellen, dass die Globuline sich leichter

1) A. Danilewski, Zeitschr. f. physiol. Chem. V. S. 158. 1881.

aus ihren Lösungen in doppeltbrechenden Fasern ausscheiden, als die in die Gruppe des löslichen Eiweisses gehörenden Substanzen.

Wenn in dem Vorstehenden der Ausdruck Lösung für die Vertheilung von Eiweisskörpern in wässerigen Flüssigkeiten gebraucht wurde, so ist das stets geschehen in dem Sinne der Nägeli'schen Micellartheorie [1]), nach welcher es sich um Vertheilung von krystallinischen Molekülgruppen (Micellen), nicht von vereinzelten Molekülen zwischen den Wassertheilchen handelt bei dem, was Lösung von Eiweiss oder einer anderen organisirten Substanz genannt wird. Von den Micellen verschiedener chemischer Zusammensetzung scheinen die der eiweissartigen Substanzen die grösste Neigung zu besitzen, sich in Micellarverbänden in Form von Ketten an einander zu legen und so doppeltbrechende Fasern zu liefern. Wie bereits oben bemerkt, glaube ich, dass die Möglichkeit, solche Fasern zu bilden, den Lösungen aller Eiweisskörper zukommt, stimme auch Nägeli's Ausspruch über die Bildung von Krystalloiden vollkommen bei, die wörtlich folgendermaassen lautet (S. 101): „Es ist sehr wahrscheinlich, dass von allen Substanzen, welche Micellarlösungen bilden, auch Krystalloidausscheidungen erhalten werden können. Aber das richtige Verfahren dafür zu finden, ist viel schwieriger als bei der Erzeugung von Krystallen, weil die Neigung, sich in unregelmässiger Weise aneinanderzulegen und amorphe Massen zu bilden, aus natürlichen Gründen bei den Micellen viel grösser ist als bei den Molekülen". Wie wenig ich hiernach mit der fast allgemein üblichen, auch bei Hoppe-Seyler [2]) wiederkehrenden Aeusserung: „Alle Eiweisskörper sind amorphe Körper" einverstanden bin, bedarf keiner besonderen Betonung.

Bleiben wir aber bei den doppeltbrechenden Fasern noch einen Augenblick stehen. Wiederholt habe ich beobachtet, dass in Eiweissfasern die Doppeltbrechung erst auftrat, wenn dieselben gekocht wurden, oder wenn sie eintrockneten und in letzterem Falle in Canadabalsam

---

1) C. v. Nägeli, Theorie der Gährung. München 1879. S. 97.

2) Hoppe-Seyler, Handb. d. physiol.- u. pathol.-chem. Analyse. 4. Aufl. Berlin 1875. S. 223.

eingebettet der Prüfung unterzogen wurden. Das Eintrocknen soll man aber bei einer Untersuchung dieser Art vollkommen vermeiden, weil hier zu der Doppeltbrechung, beruhend auf Eigenthümlichkeiten der kleinsten Theilchen, ein neues Moment, die Spannung, hinzukommt, die ja selbst einfachbrechende Substanzen zu doppeltbrechenden machen kann, und weil vielleicht sogar Spalten entstehen. Bei dem Kochen handelt es sich wie bei jeder Coagulation auch um eine in der Schrumpfung der Fasern sichtbare Wasserentziehung, — den wasserhaltigen Molekülgruppen wird anfänglich Wasser entzogen, womit die hypothetische Hydratisirung der Moleküle selbst offenbar nicht in Widerspruch zu stehen braucht — und diese Wasserentziehung muss einen gewissen Druck oder eine Spannung ausüben, und so möchte man vielleicht geneigt sein, die bei der Coagulation eintretende Erhöhung des Doppeltbrechungsvermögens oder gar mit Valentin [1]) die stärkere Doppeltbrechung mancher Gewebe (wie z. B. der Muskeln) nach dem Tode als Spannungserscheinung aufzufassen, nicht als ein Zurückkehren zu einem niederen Grad des Gequollenseins. Mit demselben Rechte könnte man dann auch bei der Wiederkehr der Anisotropie in gequollenen Fasern etc. von Spannungserscheinung reden, die Quellung selbst als eine Aufhebung der Spannung bezeichnen, und müsste dann Spannung überhaupt als Ursache der Doppeltbrechung annehmen. Für diese Anschauungsweise liesse sich meines Erachtens auch sehr wohl verwerthen die von Nägeli [2]) entdeckte Thatsache „dass eine organisirte Substanz, welche Imbibitionsflüssigkeit aufnimmt, ihre doppeltbrechenden Eigenschaften — in der Regel in stärkerem Grade vermindert, als es die Zunahme des Querschnittes bedingt.“ In der von Nägeli selbst gegebenen Erklärung dieser Erscheinung, dahin lautend, „dass das zwischen die Moleküle eintretende Wasser zugleich geringe Lage- und Richtungsveränderungen derselben hervorruft“, möchte man vielleicht fast sogar ein Zugeständniss vorgängiger Spannung sehen wollen. Die Anhänger der Krystalltheorie werden aber die in Frage stehende

1) Valentin, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. S. 430. 1881.

2) Nägeli, Sitzungsber. d. Münch. Akad. d. Wissensch. 1862. S. 290.

Erscheinung auf eine Trennung der zu Krystalloiden vereinigten Micellen zurückführen, die ja bei vollkommener Lösung, zu der die Quellung der erste Schritt ist, unzweifelhaft eintritt. Darnach würden bei der oft besprochenen Wiederherstellung umgekehrt die Krystalloide sich wieder bilden. Und wenn von den Anhängern der Spannungstheorie auf Grund der nicht abzuleugnenden Thatsache, dass durch Druck oder Zug, wie durch die weitgehendste Zerstückelung, die optischen Eigenschaften nicht aufgehoben werden, den kleinsten Theilen noch eine bestimmte Spannung, ungleiche Dichte in der Faseraxe und in den Richtungen senkrecht auf dieselbe zugesprochen wird, so lässt sich diese Ungleichheit doch sicher am leichtesten verstehen bei krystallinischer Structur. Will man aber schliesslich noch in manchen Fällen von Erhöhung des Doppeltbrechungsvermögens durch Wasserentziehung einen Druck durch die letztere ausgeübt zugeben, so spricht das stete Zusammenfallen der Richtung der Druckanisotropie mit der Richtung der vordem schon vorhandenen Anisotropie, wie es mir scheint, auch wieder für eine regelmässige Anordnung wie Gestalt, nämlich krystallinische Gestalt der schrumpfenden Theile. So finde ich denn bei sorgfältigster Prüfung keine Erscheinung, welche sich mit der Krystalltheorie nicht vereinigen liesse.

Der vorstehende Abschnitt lag druckfertig vor mir, als die Arbeit von Catherine Schipiloff und A. Danilewski „Ueber die Natur der anisotropen Substanzen des quergestreiften Muskels und ihre räumliche Vertheilung im Muskelbündel“[1]) mir zuging. Statt die Resultate derselben nachträglich noch in den Text aufzunehmen, erlaube ich mir dieselben hier kurz wiederzugeben und zu besprechen. Ich hoffe durch dieses Verfahren den berechtigten Prioritätsansprüchen der Verfasser nicht zu nahe zu treten. Zunächst ist eine erfreuliche Uebereinstimmung hervorzuheben. Auch C. Schipiloff und A. Danilewski sind der Ansicht, dass die Querscheiben aus Myosin bestehen.

---

1) C. Schipiloff u. A. Danilewski, Zeitschr. f. physiol. Chem. V. S. 349. 1881.

begründen diese Ansicht mit dem Verschwinden der Anisotropie bei der Einwirkung myosinlösender Agentien sowie mit der Doppeltbrechung des ausgezogenen eintrocknenden Myosins. Eine Differenz besteht aber zwischen uns in so fern, als C. Schipiloff und A. Danilewski nicht bloss bei Fäden von Myosin, sondern auch bei in beliebiger Weise in „muscheligen Flocken" eintrocknendem Myosin Doppeltbrechung beobachteten, dagegen anderen Eiweisskörpern (es ist ausdrücklich nur von Serumalbumin, Eieralbumin und Casein die Rede, nicht aber von Fibrin) die Fähigkeit der Doppeltbrechung absprechen. So gern ich mich dahin bescheiden will, geringe Grade von Anisotropie übersehen zu haben, im Allgemeinen nur vor dem Eintrocknen als einer sehr gefährlichen Operation warnen will, — die Gefahren sind übrigens C. Schipiloff und A. Danilewski auch nicht unbekannt gewesen — so muss ich doch bezüglich der anderen Eiweisskörper bei dem oben S. 44 mitgetheilten beharren. Wie man sieht, ist diese Differenz aber nur untergeordneter Art. Viel wichtiger ist, dass die Verfasser behaupten, es sei in dem quergestreiften Muskel noch ein zweiter doppeltbrechender Stoff, allerdings in sehr viel geringerer Menge, enthalten, nämlich Lecithin. Es ist schwer, den genannten Autoren hier vollkommen zu folgen, da sie ihren Erörterungen die so gänzlich unhaltbare Kästchentheorie W. Krause's zu Grunde legen. Verstehe ich dieselben richtig, so soll das Lecithin stellenweise im Muskel angehäuft und ganz besonders in der Zwischenscheibe (Krause's Querlinie) enthalten sein. Was ich von der chemischen Beschaffenheit der Zwischenscheibe halte, habe ich oben S. 24 ausführlich auseinandergesetzt. Ich kam freilich zu keiner endgültigen Entscheidung, wohl aber glaube ich nachweisen zu können, dass das Lecithin, das C. Schipiloff und A. Danilewski, wie schon früher Diakonow [1]), in ganz ansehnlichen Mengen aus den Muskeln dargestellt haben, das ferner auf das schönste doppeltbrechend erscheint, aber offenbar nicht nothwendig im Muskel in regelmässiger Lagerung enthalten zu sein braucht, überhaupt nicht Doppeltbrechung des Muskels und speciell nicht die

1) Diakonow, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. S. 674.

Doppeltbrechung der Zwischenscheibe veranlasst. Um mit dem letzteren zu beginnen: ich habe tagelang (gespannte) Muskeln mit Aether-Alkohol gekocht, die Zwischenscheibe indessen stets in unveränderter Weise doppeltbrechend gefunden. Ich wüsste aber keinen Grund, warum in diesem Falle, bei dem Vorhandensein aller Eiweisskörper im Muskel, Lecithin nicht ebenso gut wie Fett dem Muskel entzogen werden könnte. Um die Doppeltbrechung des Lecithins innerhalb des Muskels allein zu sehen, suchen C. Schipiloff und A. Danilewski den Muskel vermittelst verdünnter Salzsäure von Myosin zu befreien. Ich sage absichtlich „suchen", denn ich halte ein vollkommenes Ausziehen des Myosins aus den Muskeln, sei es wodurch es sei, einstweilen für unmöglich. Die Doppeltbrechung, welche die beiden Forscher beobachten, wenn sie die lange Zeit ausgewaschenen Salzsäure-Muskeln mit Sodalösung oder Alkohol behandeln, erklärt sich auf das einfachste durch die Schrumpfung des nicht ausgewaschenen, nur gequollenen Myosins in der oben ausführlich besprochenen Weise. An dieser meiner Erklärung ändern nichts die Thatsachen, welche noch weiter als Beweise dafür angeführt werden, dass das Myosin gänzlich entfernt sei, und Lecithin die auftretende Anisotropie veranlasse. Derartig ausgewaschene Muskeln sollen nämlich eine stark saure, viel Phosphorsäure enthaltende Asche hinterlassen, gerade wie Lecithin, während nach den Untersuchungen von Danilewski [1]) Myosin eine schwach alkalische Asche, freies Calciumoxyd enthaltend, liefert. Der jedenfalls nur kleine Rest des Myosins liefert natürlich auch nur wenig Calciumoxyd, so dass die freie Säure der Lecithinasche überwiegen muss, auch wohl bei noch unvollkommenerer Entfernung des Myosins überwiegen würde. Die meiner Auffassung nach nicht vollkommen von Myosin befreiten Muskeln zeigen ferner die Doppeltbrechung bei geeigneter Behandlung nicht mehr, ebenso auch nicht mehr Querstreifung, wenn sie mit Aether-Alkohol behandelt werden, nach der Meinung von C. Schipiloff und A. Danilewski, weil ihnen nun das Lecithin entzogen ist, nach meiner Ansicht aber einfach deshalb, weil (vgl. das oben S. 30 über den Ein-

1) A. Danilewski, Zeitschr. f. physiol. Chem. V. S. 158. 1881.

fluss des Kochens und des Alkohols auf ungespannte Muskeln Mitgetheilte) die kleinen Muskelstückchen in dem Muskelbrei ganz unregelmässig schrumpfen, die doppeltbrechenden Theilchen aus ihrer regelmässigen Lage verschoben werden. Endlich glauben C. Schipiloff und A. Danilewski für ihre Auffassung noch anführen zu können, dass die Fibrillen bildenden Stoffe solche seien, welche das Lecithin mehr oder weniger leicht auflösen oder es leicht zerstören, die Discs bildenden dagegen solche, welche mehr Neigung haben, die Eiweissstoffe aufzulösen. Mag letzteres auch bis zu einem gewissen Grade richtig sein, Nichts ist bekannt über Lösung oder Zerstörung des Lecithins durch Salicylsäure oder Benzoësäure, zwei Fibrillenbildner ersten Ranges.

So viele, unter bestimmten Verhältnissen doppeltbrechende Substanzen im ruhenden quergestreiften Muskel sowie in dem contractilen Gewebe überhaupt auch sein mögen, bei der sichtbaren Doppeltbrechung ist von denselben als betheiligt mit Sicherheit bis jetzt einzig das Myosin aufzuführen.

III.

Anatomisches.

I. Der ruhende Muskel.

Meine zunächst zur eigenen Belehrung unternommenen Studien über den Bau des quergestreiften Muskels, die mich bereits vor einigen Jahren zu ein Paar Bemerkungen in PFLÜGER's Archiv [1]) veranlasst haben, legten es mir begreiflicher Weise nahe, zu versuchen, die auf diesem „selbst von Anatomen gefürchteten" (L. HERMANN) Gebiete erworbenen Kenntnisse und Urtheilsfähigkeit zu einer wenn auch noch so geringen Bereicherung der Wissenschaft zu benutzen. Als erste Frage stellte ich mir die in den Einleitungsworten bereits angedeutete: Welche anatomisch unterscheidbaren Theile des quergestreiften Muskels sind als wesentlich zu betrachten? Bei der Beantwortung der Frage in der früher besprochenen Weise wird es möglich, sowie auch nothwendig sein, auf manches ausserhalb derselben gelegene einzugehen.

Was die Bezeichnungen der einzelnen Streifen angeht, — nur um diese handelt es sich, nicht um die zum Muskel streng genommen hinzuzurechnenden Theile, welche seine Ernährung vermitteln, wie Kerne und unverändertes Protoplasma, auch nicht um die zur Befestigung des Muskels bestimmten Theile, wie Sarcolemma — so behalte ich die in meiner erwähnten kleinen Mittheilung adoptirten Ausdrücke bei, unterscheide also im Muskelelement (MERKEL) neben den die ein-

1) XVII. S. 282. 1878.

zehnen Elemente trennenden Zwischenscheiben (*Z*) zwei durch isotrope Substanz von der Zwischenscheibe sowie von der Querscheibe getrennte Nebenscheiben (*n n*) und in der Querscheibe (*Q*) selbst die Mittelscheibe (*m*).

Bislang ist für quergestreifte Muskulatur als Erkennungszeichen nur das Auftreten regelmässiger Querstreifen senkrecht auf die Verkürzungsaxe angesehen worden, sehr oft ist nicht einmal die Anisotropie dieser Streifen, der Querscheiben, constatirt worden, und doch muss in einer Definition des quergestreiften Muskels diese Eigenschaft mit den bekannten und in dem vorhergehenden Abschnitt zum Theil modificirten Zusätzen über Veränderung der optischen Eigenschaften unter gewissen Verhältnissen mit beigefügt werden. Als constant muss ferner die wiederholt, so besonders von Hensen[1]), Merkel[2]), Engelmann[3]) u. A. betonte Zweitheiligkeit der Querscheibe aufgeführt werden, die ich in der Thierreihe bis zu den Medusen hinab habe verfolgen können. Auch bei gewaltsamster Dehnung, sei es in vita sei es post vitam, kommt es niemals zu Auseinanderreissen der Querscheibe, die beiden Hälften sind also sehr fest miteinander verbunden. Die Zweitheiligkeit ist nun keineswegs unter allen Verhältnissen gleich deutlich, mit Zunahme der Dehnung des (selbstverständlich ruhenden) Muskels sehe ich sie abnehmen, so dass sich die Vorstellung aufdrängt, es sei die Querscheibe in der Art ungleichartig in sich, dass bei Dehnung zuerst ihr mittlerer Theil nachgebe und erst später die seitlichen Theile, bis schliesslich nur noch ein schmaler, nach der Mitte zu nicht scharf begrenzter dichterer Randtheil übrig bleibe. In Fig. 1 sind Muskeln von Cypris in verschiedenem Grade gedehnt abgebildet. Dabei ist zu beachten, dass es sich erstens um Muskelfasern derselben Muskelgruppe und zweitens um lebende, zuckungsfähige Muskeln handelt. Bei der stärksten hier beobachteten Dehnung, die hinter der stärksten möglichen Dehnung noch ziemlich weit zurückbleibt, und andererseits bei

1) V. Hensen, Arbeiten a. d. Kieler physiolog. Institut. 1868. S. 2. Kiel 1869.

2) Merkel, Arch. f. mikroskop. Anatomie. VIII. S. 244. 1872.

3) Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 33. 1873.

der geringsten beobachteten Dehnung oder grössten passiven Verkürzung ist die Zweitheilung am wenigsten hervortretend. Der letztere Fall bietet für die Untersuchung keine Schwierigkeiten, es zieht sich einfach die Querscheibe vermöge ihrer Elasticität auf den möglichst kleinen Raum zusammen, wohl aber entstehen Schwierigkeiten bei der Untersuchung der Dehnung, denn wenn man den Muskel allzustark dehnt, — und wo ist hier die Grenze? — so regt man gleichzeitig den Chemismus an, die zu Gesicht kommende Formveränderung braucht dann keine rein mechanische mehr zu sein, sondern sie kann wenigstens zum Theil eine physiologische sein. Wie gross dieser Theil ist, lässt sich aber nicht bestimmen. Daher muss man auch darauf verzichten, am stark gespannten und dann gehärteten, etwa in Alkohol gebrachten Muskel die Dehnung zu studiren, um so mehr, als hier zu dem erwähnten noch ein weiteres hinzukommt, wirkliche Contraction, wenn auch nicht allgemein die ganze Faser, sondern nur einzelne Stellen derselben betreffend. Ich wiederhole, dass alle diese Bedenken bei den abgebildeten Muskeln von Cypris, weil die Dehnung nicht den höchsten Grad erreicht hatte, ohne Belang sind. Trotzdem wollte ich noch auf andere Weise gewonnene Bilder mit den obigen vergleichen, dachte, an Muskeln, in Kaliumsalzlösung ihrer Erregbarkeit beraubt, die Wirkung der Dehnung studiren zu können, sei es dass ich sie frisch, sei es dass ich sie im gedehnten Zustand erhärtet untersuchte. So liess ich, um die Muskeln vorher nicht zu misshandeln, Wasserthiere in 0,7—1 % Chlorkaliumlösung absterben, scheiterte aber doch daran, dass der Moment des Verlustes der Erregbarkeit nicht zu bestimmen war. Entweder kam ich zu früh, es war noch eine Spur von Erregbarkeit da, oder ich kam zu spät, das heisst im Beginn des Rigor, den die geringe Menge der in den Muskel eingetretenen Kaliumverbindung nicht hintanhalten konnte, obgleich dieselbe genügend war, um die Erregbarkeit aufzuheben.

Die Doppeltbrechung der Querscheibe finde ich in den meisten Fällen in allen Theilen derselben von gleicher Stärke, doch ist mir auch bei den verschiedensten Thieren ein geringeres Leuchten der Mitte bei gekreuzten Nicols vorgekommen. Merkel erklärt in seiner

letzten Arbeit [1]) für Hydrophilus, dass er im ruhenden Muskel ebenso wenig wie Engelmann einen Schatten bemerken könne. Bei Astacus fluviatilis ist von demselben Forscher aber früher [2]) ein deutlicher Schatten gezeichnet worden. Sehr viel dunkler, so dass kein Gedanke an Contrasterscheinung mehr aufkommen kann, ist die Mitte der Querscheibe in den von Fredericq [3]) mitgetheilten Figuren. Wir haben uns mit diesem Gegenstand weiter unten noch einmal zu beschäftigen.

Nächst der Querscheibe ist am ersten in die Augen gefallen als scharfe Linie die Zwischenscheibe. Speciell auf diesen Streifen hin habe ich die quergestreiften Muskeln unter den verschiedensten Bedingungen ihres Vorkommens untersucht, und, wie hier schon gesagt sein mag, überall, wo ich überhaupt deutlich quergestreifte Muskulatur gesehen, habe ich auch die Zwischenscheibe gefunden, so dass es mir nicht zweifelhaft ist, dieselben zu den wesentlichen Theilen des quergestreiften Muskels rechnen zu dürfen.

Schon in meiner vorläufigen kleinen Mittheilung stellte ich es als sehr wahrscheinlich hin, dass bei geeigneter Präparation und genügender Vergrösserung auch bei Amphioxus lanceolatus die Zwischenscheibe zu sehen sein würde. Es standen mir damals nur Exemplare von Amphioxus in Alkohol unter starker Schrumpfung aufbewahrt zur Verfügung. Später habe ich mir verschiedene in gespanntem Zustand in Salicylsäure sowie auch ohne weitere Präparation in Benzoësäure conservirt von der zoologischen Station in Neapel, der ich nicht verfehle bei dieser Gelegenheit für die Bereitwilligkeit, mit der sie mir stets das von mir gewünschte Material verschafft hat, meinen besten Dank auszusprechen, senden lassen, und in ihnen ohne Mühe die Zwischenscheibe erkannt. Dass in den Muskeln eines der nächsten Verwandten des Amphioxus, nämlich des Petromyzon fluviatilis, schon im frischen Zustande die Zwischenscheiben zu Gesicht kommen, sei nur nebenbei bemerkt.

---

1) Fr. Merkel, Arch. f. mikroskop. Anat. XIX. S. 649. 1881.

2) Derselbe, ebenda IX. S. 293. 1873. Taf. II. Fig. 5.

3) Fredericq, Génération et structure du tissu musculaire. Bruxelles 1875.

Weiter habe ich die bekanntlich durchgehends quergestreiften Muskeln der verschiedensten Arthropoden mit dem gleichen Erfolge untersucht. Der Verschiedenheit des Baues der Arthropodenmuskeln, sowohl die Familien wie die Körpertheile angehend, ist von den Untersuchern schon sehr oft gedacht worden. Aus meinen Beobachtungen mag hier noch erwähnt sein die verhältnissmässig grosse Uebereinstimmung zwischen den Muskeln der verschiedenen Körpertheile bei den Crustaceen und die Aehnlichkeit der Muskeln der Arthrostraca und der Cirripedia (Balanus) mit denen der Thoracostraca.

Die Zwischenscheibe fehlt ferner nicht den Salpen. An alten Spiritusexemplaren aus der Sammlung der Anatomie in Halle, noch von Max Schultze herrührend, war sie freilich ebenso wenig wie an den Amphioxi aus Spiritus wahrzunehmen. Ich liess mir daher in Neapel lebende Thiere in concentrirte wässrige Lösung von Benzoësäure bringen und umgehend senden, so dass ich sie schon nach vier Tagen untersuchen konnte. Die Eile war aber nicht nothwendig, noch heute nach mehr als zwei Jahren sind die Salpen in ihrer ganzen Form wie in den Muskeln vorzüglich erhalten, so dass speciell für diese Thiere die Benzoësäure auch zur Conservirung der ganzen Organismen nicht genug empfohlen werden kann. Die Salpen sind so selten untersucht auf den Bau ihres Muskelgewebes, dass ein paar Worte über denselben hier wohl erlaubt sind. Eschricht[1]) hat die Muskeln zuerst beschrieben als höchst deutlich quergestreifte Bündel von Primitivfasern mit einer Reihe von hellen Körperchen in der Mitte, die er als Zellkerne auffasst. Leuckart[2]) studirte dann ihren Bau genauer, bezeichnet sie als bandartig abgeplattete Primitivbündel mit reichlicher Körnerbildung, mit einer sehr dünnen äusseren quergestreiften Rindenschicht und einer ebenfalls quergestreiften Centralmasse. Von der Querstreifung der Centralmasse oder Marksubstanz habe ich mich nicht überzeugen können, finde nur die dünne Rindenschicht, die sich durch Zerzupfen leicht ablösen lässt, quergestreift. Die stark lichtbrechenden, glatten, unre-

1) Eschricht, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1841. S. 42.

2) R. Leuckart, Zoologische Untersuchungen. Heft 2. S. 15. Giessen 1854.

gelmässig gestalteten Körnchen der Marksubstanz sind am ersten der körnigen Zwischensubstanz der Insektenflügelmuskeln vergleichbar. Die Kerne sind meist dicker als die Muskelfasern und bedingen partielle knotige Auftreibungen derselben. Die nächste Umgebung der Kerne ist frei von Körnern. Ein zartes Sarcolemma umschliesst die Muskelfaser. Fig. 10 gibt ein kernhaltiges Stück Muskel der in Benzoësäure aufbewahrten Salpen wieder, Fig. 11 den Rand einer etwas mehr gedehnten Faser, welcher die Zweitheiligkeit der Querscheibe mehr hervortreten lässt. Die Grenze der möglichen Dehnung ist aber noch lange nicht erreicht.

Wie bei den Salpen gieng es mir weiter anfänglich auch bei Sagitta, ich vermochte die Zwischenscheibe mit Sicherheit erst nachzuweisen, als ich frische Benzoësäure-Exemplare aus Neapel erhalten hatte. Stets ist mir eine Aehnlichkeit der Muskeln der Sagitta mit denen des Amphioxus aufgefallen, bei letzterem tritt nur die Zusammensetzung aus Muskelsäulchen mehr hervor. Es ist übrigens möglich, dass die Zwischenscheibe bereits von O. Hertwig [1]) gesehen worden ist. Hertwig erwähnt nämlich, dass in den Muskeln von Sagitta breitere Streifen mit schmäleren abwechseln, hat aber, wie er ausdrücklich bemerkt, seine Untersuchung auf die feinere Structur der Muskeln überhaupt nicht ausgedehnt.

Während die Muskeln der Avicularien der Bryozoen auch schon aus Alkohol, offenbar weil sie zum Theil an starker Schrumpfung gehindert sind, sehr deutlich die Zwischenscheibe zeigten, bereiteten mir die schon verhältnissmässig früh als quergestreift erkannten, aber erst von Kleinenberg [2]) richtig gedeuteten Muskeln der Medusen mehr Schwierigkeiten, trotzdem sie auf Grund der bereits gemachten Erfahrungen nur aus Benzoësäure untersucht wurden. Es ist mir sehr begreiflich, dass M. Schultze [3]) erklärt, die Querstreifung sei nur an besonders günstig conservirten Exemplaren zu beobachten. So sah ich

1) O. Hertwig, Die Chaetognathen. Jena 1880. S. 42.

2) Kleinenberg. Hydra. Leipzig 1872. S. 22.

3) M. Schultze, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1856. S. 311.

denn auch zuerst an den Muskeln von Aurelia aurita, die ich mir in Kiel hatte präpariren lassen, nicht viel mehr als gerade die Querscheiben und deren oben schon erwähnte Zweitheiligkeit, vermuthe aber, dass die von mir gegebenen Anweisungen über Ablösen der Muskelscheibe und Einlegen in die Benzoësäurelösung nicht recht befolgt waren. Den Muskelfasern von Aurelia aurita ganz ähnlich sind die von Carmarina hastata, die ich aus Neapel erhielt. Es ist von ihnen nächst der deutlichen Anwesenheit der Zwischenscheibe zu bemerken, dass sie die engste Querstreifung besitzen, die mir überhaupt zu Gesicht gekommen ist. Man wolle mit den Muskeln von Carmarina in Fig. 12 die bei gleicher Vergrösserung gezeichneten Muskeln der verschiedensten anderen Thiere vergleichen. Möglicherweise vertragen die Muskeln der Carmarina übrigens noch eine gewisse Dehnung. Ausser den zuerst von Kleinenberg und weiter von Claus [1]) beschriebenen und abgebildeten Ectodermzellen mit schmalem contractilem Fuss, welcher bei der leicht in Folge der Präparation eintretenden Zerstörung des Zellkörpers sich loslöst, finde ich breitere Muskelfasern, deren eine mit noch anhängenden Zellenresten ich abgebildet habe. Auch Claus erwähnt solche Fasern als Faserplatten, welche sich durch einseitige Differenzirung des Protoplasmas continuirlich als tiefes Stratum der Ectodermzellenlage entwickeln sollen, während sie meiner Ansicht nach zu betrachten sind als entstanden durch eine innige Verschmelzung der muskulösen Theile mehrerer Zellen, als Uebergang zu einem Zellenstock oder Zellencomplex, der eine stärkere, einheitliche Contraction ermöglicht. Ich sah in diesen breiteren Muskelfasern oder Faserplatten auch oft noch auf das Deutlichste Abtheilungen der Länge nach, die als Muskelsäulchen bezeichnet werden könnten, und wahrscheinlich den einzelnen Zellen entsprechen.

Trat somit bei den einfachsten Thierformen, in welchen quergestreifte Muskulatur vorkommt, — wohl weiss ich, dass meiner Untersuchung noch manche einfache Thierformen fehlen, insbesondere die Rotatorien, deren Muskeln nach den Angaben verschiedener Forscher

1) C. Claus, Studien über Polypen und Quallen der Adria. Wien 1877. S. 27.

häufig auf das Deutlichste quergestreift sind, ich habe aber vergeblich bisher auf die betreffenden Species gefahndet — ausser der Querscheibe auch die Zwischenscheibe auf, so war auch zu erwarten, dass bei der Entwicklung der Querstreifen in den Embryonalzellen gleichzeitig mit den Querscheiben sich die Zwischenscheiben zeigten. In der That konnte ich auch bei Hühnerembryonen, frisch oder in Benzoësäure conservirt, sobald überhaupt Querstreifung wahrzunehmen war, die beiden Scheiben unterscheiden. Die Untersuchung erfordert einige Aufmerksamkeit, weil die Streifen bei ihrem ersten Auftreten in dem Lichtbrechungsvermögen noch wenig von ihrer Umgebung abweichen.

Eine Ergänzung zu dem Vorstehenden bilden Beobachtungen an Fasern, die sich in Muskeln nach Verletzungen neu bilden. Kraske's[1]) Erfahrungen benutzend, habe ich wiederholt Kaninchenmuskeln durch Injectionen von Carbolsäure partiell zerstört, die Thiere nach einigen Tagen getödtet, und die Muskelfasern frisch oder aus Benzoësäure untersucht. Gleichzeitig mit den Querscheiben treten stets die Zwischenscheiben auf.

Endlich gehören hierher auch die Purkinje'schen Zellen des Herzens. Die Deutlichkeit der beiden Streifen in denselben lässt nichts zu wünschen übrig. Dass die Muskelfasern des Herzens bei den Vertebraten (wie auch bei den Avertebraten mit quergestreifter Muskulatur) ebenso wie die Skeletmuskeln zweitheilige Querscheiben und ausserdem stets Zwischenscheiben besitzen, würde ich nicht ausdrücklich hier erwähnen, zumal auch Ranvier[2]) eine derartige Faser abbildet, hätte nicht jüngst Montgomery[3]) in einer Anmerkung, in welcher er zunächst das allgemeine Vorkommen der beiden Streifen bei den Wirbelthieren bestätigt, den Zusatz gemacht: „Die Fasern des Herzens, sowie die anderen nicht ectodermalen Muskeln zeigen durchaus nicht dieselbe Anordnung der Streifung." Ich muss glauben, dass Montgomery bei der Untersuchung des Herzens nicht die „günstigen Um-

1) P. Kraske, Experimentelle Untersuch. üb. d. Regeneration d. quergestreiften Muskeln. Habilit.-Schrift. Halle 1878.

2) Ranvier, Leçons d'anat. génèr. sur le système musculaire. Paris 1880. p. 318.

3) Montgomery, Arch. f. d. ges. Physiol. XXV. S. 497. 1881.

stände“ getroffen hat, welche ihm neben gehöriger Ausdauer ganz mit Recht nöthig erscheinen, um klaren Einblick in den Bau der Muskeln zu erhalten. Die günstigen Umstände muss man sich für den einzelnen Fall selbst zu schaffen suchen, für die Herzmuskulatur sind sie andere als für die Skeletmuskeln, was bei dem verschiedenen Bau der Muskeln nicht unverständlich ist. So eignet sich u. a. Benzoësäure mehr als Salicylsäure, obwohl sich einzelne Theile des Herzmuskels sehr gut spannen lassen. Für das Froschherz bezeichnete ich schon früher gesättigte Kochsalzlösung als sehr passend. Gegen Montgomery's Auffassung spricht auch, dass die quergestreiften Darmmuskeln der Schleie sowie der Avertebraten von den Skeletmuskeln nicht verschieden sind.

Wenig glücklich bin ich bis dahin gewesen in den Bemühungen, die Reihenfolge des Verschwindens der Querstreifen bei Degeneration der Muskeln festzustellen. Zwei Versuchsreihen liegen mir vor. In der ersten sollten die Muskeln bei erhaltener Innervation allmählig verkümmern. Zu dem Zwecke wurden bei Kaninchen mit Schienen und Gypsverband Unterschenkel und Fuss auf der einen Seite in einer geraden Linie fixirt, das Fussgelenk also unbeweglich gemacht, und damit die vom Unterschenkel entspringenden Fussmuskeln in Unthätigkeit versetzt. Schon nach wenigen Wochen sind dieselben stark atrophirt, an vielen Stellen erfüllt nur eine körnige Masse den Sarcolemmaschlauch, wo aber noch Querstreifung geblieben, fehlt auch die Zwischenscheibe neben der Querscheibe nicht. In einer zweiten Versuchsreihe wurde der Ischiadicus der einen Seite durchschnitten, und ein nicht unbeträchtliches Stück desselben entfernt. Die betreffenden Thiere sind mir aber sämmtlich gestorben, und zwar spätestens nach zehn Wochen, immer mit Vereiterung des Fussgelenkes. Veränderung der Muskeln war schon eingetreten, ihre Anisotropie war geringer, aber die beiden Streifen waren noch vorhanden. Wenn ich nun auch gern zugebe, dass von diesen Versuchen bei der grösseren Widerstandsfähigkeit der Zwischenscheibe verschiedenen Einflüssen gegenüber im Grunde wohl nicht allzu viel zu erwarten war, ja sogar späteres Verschwinden der Zwischenscheiben bei der Degeneration der Muskeln eben deshalb

nur mit Vorsicht zu Schlüssen über wesentlich oder unwesentlich benutzt werden durfte, — von einer Wiederholung derselben möchte ich doch nicht so ohne Weiteres abrathen. Statt Experimente anzustellen, kann man vielleicht das von der Natur in den Metamorphosen verschiedener Thiere zur Verfügung gestellte Beobachtungsmaterial benutzen. Auf die histologischen Veränderungen bei den Metamorphosen ist im Ganzen noch zu wenig geachtet worden. Die Muskeln angehend, so ist mir nur eine ganz allgemein gehaltene Angabe von Weissmann[1]) bekannt, dass bei den sich verpuppenden Insekten die Muskeln die Querstreifung verlieren.

Finde ich somit die Zwischenscheibe überall, wo ich sie suche, und betrachte sie in Folge dessen als einen constanten und wesentlichen Theil der quergestreiften Muskelsubstanz, so möchte mir vielleicht Jemand einwerfen, ich nenne einen Muskel nur dann quergestreift, wenn ich ausser den Querscheiben auch Zwischenscheiben sehe. Nun, so liegt die Sache aber doch nicht, ich bin ohne Vorurtheil an die Frage herangetreten, und es können meine Angaben ja auch sehr leicht auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Es kommt ferner noch hinzu, dass die Zwischenscheibe bei den verschiedenen Muskeln im Allgemeinen die gleichen, im vorigen Abschnitt ausführlich erörterten Eigenschaften besitzt. Freilich ist es nicht ganz leicht, dieselben in jedem Falle zu demonstriren. Ist schon, um die Zwischenscheibe überhaupt zu sehen, eine gewisse Dehnung der Muskelfasern nöthig, so gilt das noch viel mehr für die Feststellung ihrer optischen Eigenschaften, worüber ebenfalls der vorige Abschnitt zu vergleichen ist.

Verschiedene Schichten, wie die Querscheibe solche zeigt, treten an der Zwischenscheibe nicht hervor, auch nicht bei der stärksten Dehnung und bei der Einwirkung der verschiedensten Reagentien. Aus diesem Grunde habe ich mich auch schon ganz kurz in meiner ersten Mittheilung gegen Merkel's[2]) Auffassung der Zwischenscheibe als bestehend aus einem mittleren Theile, die Hauptmasse ausmachend

1) Weissmann, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XIV. S. 251. 1864.

1) Merkel, Arch. f. mikrosk. Anat. VIII. S. 244. 1872.

und als Kittsubstanz bezeichnet, und zwei Seitentheilen, Schlussplatten genannt, ausgesprochen. Da Merkel [1]) diese Auffassung neuerdings mir gegenüber aufrecht erhält, muss ich auf den Differenzpunkt noch einmal zurückkommen. Zunächst ist es auch Merkel nicht möglich, diese Schichten der Zwischenscheibe zu demonstriren, seitdem er das, was er früher als die Schlussplatten ansah und zeichnete, als die Nebenscheiben der Zwischenscheibe dicht anliegend erkannt hat. Die Schlussplatten sind vielmehr nur gefolgert aus der Annahme einer das ganze Muskelelement umschliessenden Membran, die an dessen Seiten Seitenmembran, an den einander zugewendeten Grundflächen der Cylinder Grundmembran oder Schlussplatte genannt wird. Von dem Nachweis dieser umschliessenden Membran oder zunächst der Seitenmembran sagt Merkel selbst, er sei schwierig, glaubt aber den scharfen Grenzcontour der in verdünnter Essigsäure gequollenen Fibrille nicht anders als eine membranöse Begrenzung deuten zu können. Der scharfe Contour ist freilich zu sehen, doch fehlt für mich der zwingende Grund, ihn als Membran zu deuten. Wie bei den rothen und weissen Blutkörperchen und vielen anderen Gebilden, an denen Niemand mehr eine hautartige Hülle annimmt, muss das verschiedene Lichtbrechungsvermögen allein eine scharfe Grenze bedingen. Für Merkel ist die membranöse Umhüllung des Muskelelementes aber auch ein Postulat, es soll dieselbe das Zerfallen in Atome verhindern. Die Theilchen halten sich aber in der Fibrille, — der frischen zunächst, denn die Fibrille aus Alkohol darf nicht so ohne Weiteres in die Betrachtungen mit hineingezogen werden — wie sie sich halten in Lymphkörperchen, in beliebigem hüllenlosem Protoplasma, sowie Ausläufern und Stücken desselben. Meine Stellung zu der Frage nach dem Aggregatzustand des Inhaltes der Muskelbündel sowie nach der Präexistenz der Fibrillen ist hiermit ebenfalls zur Genüge gekennzeichnet. Mit den Auseinandersetzungen von Henle [2]) hierüber und

1) Merkel, Arch. f. mikrosk. Anat. XIX. S. 649. 1881.

2) Henle, Bericht üb. d. Fortschritte d. Anat. u. Physiol. i. J. 1862. S. 24. Leipzig und Heidelberg 1863.

den anschliessenden von ENGELMANN[1]) bin ich in allen wesentlichen Punkten einverstanden.

Ist somit die Zwischenscheibe nicht weiter differenzirt, besteht sie aus nur einer gleichartigen Substanz, über deren Identität oder Nichtidentität mit der Substanz der Querscheiben ich mich im vorigen Abschnitt geäussert habe, so fällt auch die Möglichkeit von einer Kittsubstanz in der Zwischenscheibe zu sprechen. Nehmen wir aber auch einmal einen Augenblick noch zwei Schlussscheiben an, gegen die Bezeichnung des zwischen ihnen gelegenen mittleren Theiles als Kittsubstanz müsste ich doch noch ebenso wie früher Einsprache erheben. Als Kittsubstanz ist MERKEL's Meinung nach derselbe zu bezeichnen, weil er sich wie Kittsubstanz in verdünntem Alkohol lockere und löse. Es hat natürlich mit der Sache streng genommen gar nichts zu thun, dass mir persönlich der Ausdruck Kittsubstanz, weil chemisch und histogenetisch unbestimmt und daher auch im Gebrauch unbestimmt und willkürlich, wenig sympathisch ist, es sei hier auch gänzlich abgesehen von einer Prüfung, ob man berechtigt ist, so ohne Weiteres von einer intracellulären Kittsubstanz zu reden, während sie sonst nur als ein intercelluläres Bindemittel bekannt ist, ich will mich hier einzig an die von MERKEL zur Begründung seiner Auffassung angezogenen sowie an die sonst der Kittsubstanz zugeschriebenen Reactionen halten. Den allgemein als Lösungsmittel der Kittsubstanz geltenden Alkalien widersteht gerade die Zwischenscheibe von allen Querstreifen am längsten, bei der Behandlung mit verdünntem Alkohol aber sehe ich nie eine Lockerung oder Lösung der Zwischenscheibe oder ihrer Hauptmasse, sondern es zerfallen die Muskelelemente, indem ein Bruch dicht an der Zwischenscheibe eintritt. Kommt der Bruch auf beiden Seiten der Zwischenscheibe zu Stande, so erfolgt Isolirung derselben, wie das wiederholt, so u. A. von ENGELMANN, beschrieben worden ist.

Der Besprechung der Zwischenscheibe lasse ich zunächst die der Nebenscheiben folgen. Da muss ich nun sogleich erklären, dass ich sie keineswegs überall gefunden habe, wohl bei allen Vertebraten

---

1) ENGELMANN, Arch. f. d. ges. Physiol. XXV. S. 538. 1881.

mit Ausnahme des Amphioxus, unter den Avertebraten jedoch nur bei den Gliederthieren. Es ist bekannt, dass die Nebenscheiben auch im lebenden Thiere schon ohne jegliche Präparation, insbesondere auch ohne Zerrung der Muskeln sich zeigen. Eine gewisse Dehnung der Muskeln ist indess doch für das Sichtbarwerden der Nebenscheiben nöthig, und zwar eine etwas stärkere, als wenn es sich um die Zwischenscheibe handelt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass Brücke wie die Zwischenscheibe, so auch die Nebenscheiben zuerst gesehen hat. Das geht aus Brücke's Fig. 3 der Tafel II hervor, der Abbildung eines zur Zeit des Absterbens an der Verkürzung gehinderten todtenstarren Muskels von Hydrophilus piceus. Die Nebenscheiben kommen indess Brücke's Meinung zu jener Zeit nach nicht dem lebenden Muskel zu, und sind von der doppeltbrechenden Substanz der Querscheiben nicht verschieden. Diese auf die Anisotropie der Nebenscheiben sich stützende Annahme einer mit den Verhältnissen wechselnden Anordnungsweise der doppeltbrechenden Substanz in breiteren und schmäleren Bändern hat neuerdings wieder Vertreter gefunden in Wagener[1]) und Merkel. Die Nebenscheiben haben aber nicht die gleichen Eigenschaften wie die Querscheiben, sie stehen ihren Eigenschaften nach in der Mitte zwischen der Querscheibe und der Zwischenscheibe, sind von beiden deutlich verschieden, wie besonders die Arbeiten von Engelmann und Merkel gelehrt haben. Schon diese Verschiedenheit verbietet aber, der Nebenscheibe eine selbständige Bedeutung abzusprechen, und verbietet ferner, mit Merkel von ihr als einem „abgerissenen Stück des dunklen Querbandes" zu reden. Gerade umgekehrt sage ich: sind die Muskeln nicht bis zu einem gewissen Grade gespannt, so legen sich die Zwischenscheiben ohne sichtbaren Spalt an die Querscheibe an. Aber legen sie sich wirklich immer an die Querscheiben an? Dieser Punkt bedarf noch einer näheren Prüfung. Wie Engelmann an frischen Muskeln, so habe ich an Muskeln aus Salicylsäure, Alkohol u. s. w. vorzüglich bei den Warmblütern die Nebenscheiben sehr oft so dicht an der Zwischenscheibe, auch ohne deutlich erkennbaren Spalt ange-

2) G. R. Wagener, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1880. S. 253.

lagert gefunden (vgl. Fig. 2 und 3), dass mir ihr Hinüberwandern nach der Querscheibe bei Abnahme der Dehnung schwer verständlich ist. Auch habe ich in einigen Fällen von Querbruch der Muskelfasern mit vollkommener Bestimmtheit den Bruch zwischen Querscheibe und Nebenscheibe eintreten sehen. In der grösseren Mehrzahl der Fälle freilich liegen die Zwischenscheiben entweder der Querscheibe dicht an, oder sind wenigstens durch einen kleineren isotropen Raum von ihr getrennt als von der Zwischenscheibe, und tritt auch der Bruch zwischen Nebenscheibe und Zwischenscheibe ein. Alle diese Beobachtungen sind aber nicht an lebenden Muskeln, sondern an Muskeln aus Alkohol, Salicylsäure und Benzoësäure gemacht, und sind daher, wenn auch noch so zahlreich, für eine endgültige Entscheidung ungenügend.

Als letzte Scheibe bleibt nun noch die zur Querscheibe in naher Beziehung stehende Mittelscheibe von Hensen[1]), über die ich zunächst bemerken muss, dass ich sie ausser bei den Vertebraten und Arthropoden nur noch bei Sagitta gesehen habe, und auch da nicht ohne Weiteres, sondern erst nach Erwärmen der Muskeln. Im lebenden Muskel ist die Mittelscheibe überhaupt nicht leicht zu sehen, meist sieht man bei gewöhnlicher Beleuchtung nur die zweitheilige Querscheibe mit hellerer Mitte, nur selten ist mir eine Querscheibe mit dunklerer Mitte zu Gesicht gekommen (vgl. hierzu Fig. 4). Die Seltenheit dieses Falles mag Engelmann zu der Behauptung veranlasst haben, dass niemals im frischen Zustand die Mittelscheibe dunkler (stärker lichtbrechend) erscheine als die Querscheibe. Auch Merkel gibt an, die Mittelscheibe im frischen Muskel gesehen zu haben, in Form einer dunklen Linie, die etwa die Breite der Zwischenscheibe erreicht.

Deutlich wird die Mittelscheibe einerseits im Muskelbündel bis zu den feinsten Fibrillen hinab, wenn die Eiweisskörper durch Alkohol, Salicylsäure oder Metallsalze u. s. w. zur Coagulation gebracht sind. Ebenso tritt sie auf das klarste in gespannten gekochten Fasern auf (Fig. 5). Ich erwähne diesen Fall nicht bloss, weil auch hier wieder die Uebereinstimmung der verschiedenen coagulirenden Agentien zu

1) Hensen, Arbeiten a. d. Kieler physiolog. Institut 1868. Kiel 1869. S. 1.

constatiren ist (vgl. den Einfluss des Kochens auf die anisotrope Substanz im II. Abschnitt), sondern auch weil ENGELMANN, dessen Muskeln freilich, weil ungespannt, seiner eigenen Angabe nach bedeutend schrumpften, die Mittelscheibe durch Erhitzung auf 80—100° unkenntlich werden sah.

Andererseits tritt aber die Mittelscheibe sehr hervor in Fasern, deren Myosin, sei es durch Salze, sei es durch Säuren stark gequollen ist. Ja sogar nach Behandlung mit concentrirter Salzsäure war sie in Krebsmuskeln, die keine Spur von Anisotropie erkennen liessen, noch sehr deutlich, in ihrem Aussehen in diesem Falle der Zwischenscheibe sehr ähnlich (Fig. 6).

Endlich kann die Mittelscheibe auch stärker lichtbrechend und so sichtbarer werden, ohne dass das Myosin coagulirt oder gequollen ist, so in Muskeln aus Benzoësäure.

Die grosse chemische Verschiedenheit der Quer- und Mittelscheibe geht hieraus zur Genüge hervor, die Natur der letzteren wird dadurch freilich noch nicht klarer. Ich finde auch keine genügende Erklärung für das Verborgenbleiben der Mittelscheibe in frischem, wenig gedehntem Zustand, will man nicht dieselbe Erklärung wie bei dem Unsichtbarwerden der Zwischenscheibe mit Abnahme der Dehnung gelten lassen. Erscheint die Querscheibe als zwei dunklere Bänder, getrennt durch einen hellen Spalt, so darf man, wie MERKEL mit Recht bemerkt, diesen helleren Theil keineswegs als Mittelscheibe bezeichnen, ich setze hinzu ebensowenig, als man, wenn nur Querscheiben in einer Muskelfaser zu erkennen sind, den isotropen Raum zwischen denselben Zwischenscheibe zu nennen berechtigt ist. Man sieht nur den Ort, wo die Mittel- bezw. Zwischenscheibe liegt, aber nicht diese selbst.

Nur noch ein Wort über die optischen Eigenschaften der Mittelscheibe. Es ist dabei anzuknüpfen an die Besprechung über die gleichen Eigenschaften der Querscheibe S. 53. Zwei Ansichten treffen wir in der Literatur: MERKEL findet die Mittelscheibe stets isotrop, ENGELMANN dagegen anisotrop. Wäre ersteres richtig, so müsste in der Mitte der Querscheibe bei gekreuzten Nicols stets eine dunkle Linie erscheinen. Das ist aber gerade nach MERKEL's Beobachtungen sowie

den übereinstimmenden Engelmann's nicht der Fall, und von einem Ueberdecktwerden der Mittelscheibe durch Substanz der Querscheibe darf man doch sicher nicht reden. Auch mir ist, wie ich bereits erwähnte, öfters ein Schatten zu Gesicht gekommen, Fredericq sogar ein solcher von tiefer Schwärze. Meine Meinung würde ich dahin zusammenfassen: Die Mittelscheibe ist anisotrop, aber in verschiedenem Grade, in maximo gleich der Querscheibe, in minimo so wenig, dass sie neben der Querscheibe durch den Contrast dunkel erscheint. Die Aehnlichkeit mit der Zwischenscheibe lässt sich auch hier nicht verkennen.

Indem ich das von den einzelnen Querstreifen hier berichtete noch einmal zusammenfasse, die Constanz des Vorkommens der zweitheiligen Querscheibe sowie der Zwischenscheibe hervorhebe, die somit meiner Auffassung nach als wesentliche Theile der quergestreiften Muskeln betrachtet werden dürfen, und es weiter als im höchsten Grade wahrscheinlich hinstelle, dass auch die Nebenscheiben und die Mittelscheibe constante und wesentliche Gebilde sind, komme ich dazu, die quergestreifte Muskulatur in ihrem verschiedenen Vorkommen überhaupt als gleichwerthig anzusehen, freilich nur in anatomischer Beziehung, und auch da mit einer bedeutenden Einschränkung, weil uns feinere Unterschiede in dem Bau sicher mit der Zeit noch aufgedeckt werden. Unterschiede in physiologischer Beziehung, in der Art der Contraction, im Verhalten gegen Gifte u. s. w. sind schon genügend bekannt. Von dem Unterschied in den Beziehungen zu indifferenten Salzlösungen, die Concentrationsoptima betreffend, ist früher die Rede gewesen. Die eben mitgetheilte Folgerung ist übrigens keineswegs neu, die Ueberzeugung von der Gleichwerthigkeit der quergestreiften Muskulatur hat sich allmählig herausgebildet, seitdem im Laufe der Jahre manchen Muskeln der Nimbus der Eigenartigkeit geraubt ist, wie z. B. den Thoraxmuskeln der Insekten durch G. R. Wagener [1]). An dem fibril-

1) G. R. Wagener, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 211. — In den Figuren 8 und 9 habe ich Fibrillenbündel der Thoraxmuskeln von Bombus und Apis abgebildet, die alle bis dahin bekannten anatomischen Einzelheiten zeigen. Es ist

lären Bau, von welchem oben schon gelegentlich gehandelt worden ist, scheint mir nicht mehr zu zweifeln zu sein. Alle Muskeln zerfallen unter den geeigneten Bedingungen in Fibrillen, die Bedingungen sind aber nicht in allen Fällen die gleichen, manche Verhältnisse, wie z. B. Starre, können die Abspaltung von Fibrillen in hohem Grade erschweren. Nicht bloss den quergestreiften Muskeln kommt fibrillärer Bau, sondern auch — das ist eine sehr wichtige Ergänzung — den glatten Muskeln der Wirbelthiere wie der Wirbellosen. Es ist wesentlich das Verdienst von G. R. Wagener und weiter von Engelmann [1]), dieses auf Grund eigener Beobachtungen und der Beobachtungen einer grossen Anzahl anderer Forscher, wie Eberth [2]), A. Schneider [3]) u. s. w., festgestellt zu haben. Intra vitam ist der fibrilläre Bau freilich in den meisten Fällen nicht wahrnehmbar.

Es liegt nahe, hier noch die besonders in früherer Zeit oft angeführten sogenannten Uebergänge zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur zu berühren.[4]) Derartige Uebergänge, also contractile Substanz mit Andeutungen von Querstreifung, existiren aber nach meinen Beobachtungen, die sich freilich noch nicht auf alle in der Literatur angegebenen Fälle erstrecken, nicht, die Querstreifung ist entweder deutlich zu erkennen, mindestens aus Quer- und Zwischenscheiben bestehend, oder sie fehlt ganz. Besondere Aufmerksamkeit habe ich den Muskeln der Pulmonaten und zwar dem Retractor oculi gewidmet, in dem

auffallend, dass Ranvier bei der Untersuchung der Thoraxmuskeln (Leçons sur le système musculaire. Paris 1880. p. 99) derartige Bilder nicht begegnet sind.

1) Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XXV. S. 538. 1881.

2) Eberth, Würzb. naturw. Zeitschr. I. S. 41. 1860 u. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. X. S. 232. 1860.

3) A. Schneider, ebenda. XIX. S. 284. 1869.

4) Wie ich nachträglich finde, gehören die Uebergänge aber keineswegs nur der früheren Zeit an. So heisst es bei S. Mayer in Hermann's Handb. d. Physiol. V. 2. 1881. S. 472 „dass an bestimmten Localitäten sich die allmählige Umbildung der glatten Muskelfaser in die quergestreifte durch hinlänglich charakterisirte Zwischenstufen feststellen lässt.“ Leider werden aber die Localitäten selbst nicht näher bezeichnet. Dass in der äusseren Form die quergestreifte Muskelfaser der glatten Faser sehr ähnlich sein kann, kommt hier natürlich in Betracht.

noch vor wenigen Jahren Simroth [1]) die Uebergänge beschrieben hat. Fasern, wie sie Simroth Taf. XIX, Fig. 6 zeichnet, sind mir auch vorgekommen, weniger nach Behandlung mit Benzoësäure als bei Anwendnng von Salicylsäure, Alkohol oder chlorsaurem Kali, dem von Simroth selbst benutzten Conservirungsmittel. Bei genauerer Prüfung enthüllten sich aber die vermeintlichen Querstreifen als stellenweis dicht an einander liegende Contractionsknoten, rings um die Faser laufende Wülste, wie sie von den glatten Muskeln längst bekannt sind (Meissner[2]), Heidenhain[3])) und z. B. an den Muskeln des Vogelmagens aus Salicylsäure stets leicht zu finden sind.

Nicht ganz vorübergehen kann ich auch an Schwalbe's [4]) doppeltschräggestreiften Fasern. Ich habe die Streifung u. a. in dem sehnigen Theile von Ostrea edulis (aus Benzoësäure), wenn auch nur matt gesehen. Schwalbe bezeichnet sie bei diesem Thiere selbst als vergänglich. Gerade diese Vergänglichkeit der Doppeltschrägstreifung im Gegensatz zu der bemerkenswerthen Beständigkeit der Querstreifen machte es mir von vornherein zweifelhaft, dass die Erscheinung auf einer besonderen Gruppirung der sarcous elements beruhe. Die Anwendung des Polarisationsapparates brachte mich bei Ostrea edulis nicht weiter. Eingehenderer Untersuchungen wurde ich enthoben durch eine das Räthsel lösende Arbeit von Engelmann. Es genügt hier, aus derselben die das Hauptresultat einschliessenden Worte von Engelmann mitzutheilen: „dass die Streifung — — nur darauf beruht, dass stark lichtbrechende homogene Fibrillen in entgegengesetzt gewundenen, aber gleich steilen Spirallinien um die Längsaxe der Fasern herumlaufen.“ Man hat es also nur mit einer „Abart der glatten Muskeln“ zu thun. —

Der Distanz der Streifen oder der Höhe der Muskelelemente habe ich oben einmal gedacht bei Gelegenheit der Medusenmuskeln.

---

1) Simroth, ebenda. XXVI. S. 227. 1876.

2) G. Meissner, Zeitschr. f. ration. Medicin. 3. R. II. S. 316. 1858.

3) R. Heidenhain, Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. I. S. 196. Leipzig 1861.

4) G. Schwalbe, Arch. f. mikroskop. Anat. V. S. 205. 1869.

Die enormen Unterschiede in der Höhe der Muskelelemente haben natürlich schon sehr früh auffallen müssen. Von mancher Seite sind sie freilich auch wieder in Abrede gestellt worden, so u. a. von Hensen, doch hat Engelmann bereits in seinem ersten Aufsatz Einwände dieser Art vollkommen widerlegt. Engelmann hat dabei auch zugleich ausgeführt, dass mit der Höhe der Muskelelemente die physiologischen Verschiedenheiten der Muskeln, insbesondere ihre Contractionscurven nicht in Beziehung gebracht werden können. Das ist richtig, wenn die zu vergleichenden Muskeln verschiedenen Thieren angehören, anders liegt aber die Sache, wenn bei derselben Thierspecies die Muskeln in dem gedachten Sinne verschieden sind. Hier lässt sich in der That nachweisen, dass mit Abnahme der Höhe der Muskelelemente die Contraction an Schnelligkeit zunimmt. Es ist dies zugleich bis jetzt der einzige constante Unterschied, welchen die Muskeln mit verschiedener Länge der Zuckungscurve aufweisen. Mir liegen Curven vor, die ich vor einer längeren Reihe von Jahren schon von dem unteren Schwanzmuskel und andererseits von dem Scheerenschliessmuskel des Flusskrebses habe aufzeichnen lassen. Die Verschiedenheit dieser beiden Muskeln oder Muskelgruppen, wie man bei dem Schwanze sagen muss, in ihren Bewegungen: das langsame Schliessen der Scheere und das rasche schnellende Zusammenklappen des Schwanzes fällt ohne Weiteres in die Augen, daher es sehr begreiflich ist, dass diese Muskeln auch von anderer Seite zu Untersuchungen über die Muskelcurve benutzt worden sind. Es sei hier nur an die Arbeiten von Richet [1]) erinnert. In Fig. 7 habe ich Stücke beider Muskeln, die in möglichst gespanntem Zustande in Alkohol und Salicylsäure erhärtet waren, nebeneinander gestellt. Bei Kaninchen fand ich sechs Muskelelemente in Muskeln mit kürzerer Zuckungsdauer, den Gemelli, denselben Raum einnehmen wie fünf Elemente des trägeren Soleus. Ich sehe meine Beobachtungen vollkommen bestätigt durch die inzwischen veröffentlichten von Ranvier [2]), der übrigens irrthümlicher Weise immer noch dem Hämoglo-

1) Richet, Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1879. p. 262 u. 522.

2) Ranvier, Leçons d'anat. générale sur le système muscul. Paris 1880. p. 206.

bingehalt der Muskeln eine Bedeutung bei der Zuckungsdauer zuzuschreiben scheint und die Untersuchungen von E. Meyer[1]) über diese Frage ganz unberücksichtigt lässt.

Die Muskelzuckungscurven (wieder nur bei derselben Thierspecies neben einander gehalten) können nun aber bei gleicher Dauer noch eine verschiedene Art des Verlaufes haben, die kurz ihre Form heissen mag. Cash und Kronecker[2]) haben auf diese, wie es scheint, für jeden Muskel charakteristischen Formen zuerst aufmerksam gemacht, und zugleich auch auf das Bedürfniss, die betreffenden Muskeln auch auf ihren Bau mit einander zu vergleichen, hingewiesen. Da wäre denn wohl mit an erster Stelle daran zu denken, ob nicht, einen Zusammenhang der Contractionsdauer mit der Höhe der Muskelelemente als bestehend vorausgesetzt, bei gleicher Höhe der letzteren das Verhältniss der einzelnen Abschnitte zu einander verschieden sei, insbesondere das am leichtesten und einfachsten zu bestimmende der Querscheibe zu dem übrigen Raume. Wir kennen dieses Verhältniss bei ruhenden hochfächrigen Insektenmuskeln durch Engelmann[3]); die Höhe der Querscheibe beträgt hier 39 bis 50 % der Gesammthöhe des Muskelelementes. Angaben über Constanz eines bestimmten Verhältnisses bei allen Muskeln desselben Thieres finden sich in der Arbeit, welche zu einem ganz anderen Zwecke unternommen war, gar nicht. Einzig bei Ranvier ist, anknüpfend an die oben besprochene Thatsache der verschiedenen Höhe der Muskelelemente, mitgetheilt, dass die Querscheibe in den beiden Muskelarten gleich hoch, die dichtere Streifung in dem weissen Kaninchenmuskel demnach durch ein Uebergewicht der Querscheiben bedingt sei. Auch diese Mittheilung hat aber für die vorliegende Frage noch keinen Werth, da nur die Dauer, nicht die Form der betreffenden Muskelcurven bekannt ist. Uebrigens muss ich auch die Allgemeingiltigkeit der Ranvier'schen Beobachtung bezweifeln: schon beim Kaninchen halte ich die Querscheiben des rothen

1) E. Meyer, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 217.

2) J. Th. Cash, ebenda. 1880. Suppl.-Band. S. 147.

3) Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIII. S. 571. 1880.

Muskels (Soleus) für wenn auch nur unbedeutend höher als die des weissen (Gemelli), bei dem Krebs aber ist die Querscheibe des trägeren Muskels ganz merklich höher als die des lebhafteren. Bedeutend sind schon die Schwierigkeiten solcher Messungen bei den enggestreiften Muskeln, doppelt schwierig würde die Lösung der Aufgabe, wenn die Dehnung des Muskels das Verhältniss der beiden Räume im Muskelelement änderte; das scheint aber nach Engelmann's Erfahrungen nicht der Fall zu sein.

Bei der Muskelzuckung ist endlich noch ein Drittes zu beachten, die absolute Muskelkraft. C. Sachs [1]) hatte gemeint, Beziehungen zwischen derselben und der Höhe der Muskelelemente aufstellen zu können. Die Betrachtungen beziehen sich aber zunächst auf verschiedene Thierarten (Warmblüter und Kaltblüter), deren Vergleichung mit einander wir nicht für zulässig halten, und weiter erlauben einstweilen die Bestimmungen der absoluten Muskelkraft überhaupt noch nicht genaue sichere Vergleiche.

II. Der contrahirte Muskel.

Um der Schilderung eine gewisse Vollständigkeit und zugleich meiner eigenen Auffassung Ausdruck zu geben, lasse ich hier noch folgen eine Zusammenstellung des wirklich Thatsächlichen, das bei der Zusammenziehung des Muskels mit Hülfe des Mikroskopes zu beobachten ist.

Im gewöhnlichen Lichte haben alle bisher untersuchten quergestreiften Muskeln, und zwar nicht nur der Wirbel- und Gliederthiere, sondern auch der ausserhalb dieser beiden Reihen stehenden Thiere, frisch oder conservirt in Substanzen, welche die Eiweisskörper ganz intact lassen oder nur coaguliren, in der Contraction das gleiche bekannte Aussehen: schmale dunkle Streifen, am ersten in die Augen fallend, früher von mir Contractionsscheiben genannt, an der Stelle der Zwischenscheibe liegend, wechseln mit breiteren helleren Streifen,

1) C. Sachs, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872. S. 607.

die den Ort der Querscheibe einnehmen und durch einen schmalen, dunkleren, nicht scharf begrenzten Streifen in zwei Hälften getheilt sind.[1]) Kommt es zum Querbruch der contrahirten Faser (oder Fibrille), so tritt derselbe meist dicht an der Contractionsscheibe ein, doch habe ich auch die letztere durchreissen gesehen. Scheinbar entstehen dann zwei gleiche Hälften, ob dieselben aber wirklich gleich sind, vermochte ich bei ihrer geringen Dicke (Höhe) nicht zu entscheiden, ebensowenig als ich sonst verschiedene Schichten an der Contractionsscheibe zu erkennen im Stande war.

Verdünnte Säuren oder Alkalien quellen die breiten Scheiben in höherem Grade als die Contractionsscheiben, im Vergleich mit dem Ruhestand ist die Quellungsfähigkeit aber überhaupt vermindert.

Färbungen vermochten mir ebensowenig wie bei dem ruhenden Muskel die Structurverhältnisse klarer zu machen.

Im polarisirten Licht zeigen sich die breiten Scheiben (Querscheiben) stets anisotrop, darin stimmen alle Forscher überein; ob die Anisotropie stärker oder schwächer als die der Querscheiben des ruhenden Muskels ist, muss dahin gestellt bleiben. Der Contrast mit der Contractionsscheibe erschwert die Untersuchung, kleine Unterschiede entziehen sich aber überhaupt der Messung. Von dem der Lage nach der Mittelscheibe entsprechendem Streifen, den wir ohne Weiteres auch Mittelscheibe nennen wollen, gibt Engelmann an, er sei stark doppeltbrechend, unterscheide sich nicht von seiner Umgebung, den beiden Hälften der breiten Scheibe. Merkel zeichnet in seiner zweiten Muskelarbeit die Mitte der breiten Streifen bei Astacus fluviatilis sogar stärker anisotrop als die Umgebung, Fredericq erschien dieselbe dagegen weit weniger anisotrop. Auch mir ist die Mittelscheibe, und zwar beim Krebs, bei gekreuzten Nicols als graue Linie aufgefallen: des Gegensatzes zu der Querscheibe wegen habe ich sie in meiner überkurzen und deshalb nicht für alle Leser verständlich gewordenen

1) Abbildungen contrahirter Fasern finden sich in fast allen neueren Arbeiten über den Bau des quergestreiften Muskels. In Fig. 13b habe ich neben ruhenden gedehnten Froschmuskeln auch eine contrahirte Faser wiedergegeben.

Mittheilung isotrop genannt und muss diesen Ausdruck nachträglich rectificiren. In MERKEL's jüngster Arbeit ist die Mittelscheibe bei Dytiscus und bei Musca isotrop genannt; da sie aber in den Zeichnungen nicht als schwarze Linie, sondern nur als ein immerhin recht deutlicher Schatten hervortritt, möchte das „isotrop" wohl ebenso wie bei mir durch „weniger anisotrop als die Querscheibe" zu ersetzen sein. Bei dem Flusskrebs kann sich die Mittelscheibe verhalten wie bei den beiden eben genannten Thieren, sie kann aber auch in ihren optischen Eigenschaften mit der Umgebung übereinstimmen, während ein stärkeres Leuchten der Mitte der Querscheibe die Ausnahme bildet. Vergleicht man hiermit das S. 65 über die optischen Eigenschaften der Mittelscheibe des ruhenden Muskels Mitgetheilte, so kommt man zu dem Schluss, dass sie sich bei der Contraction nicht verändern.

Auch über die optischen Eigenschaften der Contractionsscheibe werden verschiedene Angaben gemacht, die Mehrzahl der Forscher sah sie isotrop, MERKEL allein bildete sie beim Flusskrebs als anisotrop ab. Um die von der anderen Seite erhobenen Zweifel an der Richtigkeit dieser Beobachtung zu widerlegen, wendete MERKEL sich von Neuem der offenbar sehr wichtigen Frage zu, und gibt nun an, dass die Contractionsscheibe bei Dytiscus stets, bei Musca und Astacus meistens isotrop ist, bei den beiden zuletzt genannten Thieren aber auch anisotrop sein kann, dass bei Musca die Anisotropie der Contractionsscheibe die der übrigen Faser an Stärke nicht zu erreichen pflegt, bei Astacus oft übertrifft. Im Laufe des vorigen Winters habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt, bei meinem verehrten Freunde und Collegen MERKEL Präparate von Astacus zu sehen, die mit der Fig. 18 auf der MERKEL's Arbeit beigegebenen Tafel (XXX) vollkommen übereinstimmten. Eine Regelmässigkeit in dem Vorkommen der verschiedenen Bilder vermochte MERKEL bis dahin nicht zu entdecken. Es darf übrigens auch nicht übersehen werden, dass MERKEL's Untersuchung sich nur auf erhärtete Muskeln, fixirte Contractionswellen, bezieht. Die Controle an frischen, lebenden Muskeln erscheint dringend geboten.

Nehmen wir zu dem bisher aufgeführten noch das von mir zuerst

beobachtete und seitdem wiederholt constatirte Zusammenkleben der Fibrillen, so sind damit die bezüglich der Contraction feststehenden Thatsachen erschöpft.

Ist es schon schwierig, die vollendete Contraction am lebenden Muskel zu untersuchen, so ist es bei der Schnelligkeit des Processes begreiflicher Weise ungleich viel schwerer, ihr Werden zu verfolgen. Möglichst lang gestreckte fixirte Contractionswellen müssen hier Ersatz bieten. Es fällt in ihnen am meisten die „Zwischenstadium" genannte Strecke auf, in welcher im gewöhnlichen Lichte die ganze Faser stark lichtbrechend erscheint und sich mit Hämatoxylin gleichmässig färbt (Merkel). Der Polarisationsapparat aber scheidet nach Engelmann stets die Faser in einfach- und in doppeltbrechende Bänder. Die Engelmann'sche Schilderung passt ohne Zweifel auf die grösste Mehrzahl der Fälle, das von Merkel zuerst und und bis dahin auch allein beschriebene gleichmässige Leuchten der Faser auch im polarisirten Lichte bildet die Ausnahme. An Präparaten von Musca hatte Merkel die Freundlichkeit mir dieses Verhalten zu zeigen.

Schon als ich mich mit dem Zwischenstadium zum ersten Male näher beschäftigte, drängte sich mir der Gedanke auf, dass in demselben die Dehnbarkeit des Muskels eine andere sein könne als in der Ruhe, die bekannte (E. Weber) grössere Dehnbarkeit des thätigen (gereizten) Muskels mit diesem anatomischen Bilde vielleicht zusammenfalle. Um diese Vermuthung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, belastete ich Froschmuskeln, und zwar ihrer grösseren Festigkeit wegen Gastrocnemii so stark, dass das Gewicht auch bei dem stärksten Reiz nicht gehoben werden konnte, tetanisirte und injicirte fast gleichzeitig durch Einstich nach Ranvier's Methode eine zweiprocentige Osmiumsäurelösung in die Muskelsubstanz. Ebenso wurde in den gleich stark belasteten, aber nicht gereizten Gastrocnemius des anderen Beines Osmiumsäure injicirt. Während dieser nun die Querstreifung deutlich zeigte, waren die Streifen in dem gereizten Muskel fast gar nicht zu erkennen, die Fasern erschienen homogen. Polarisirtes Licht habe ich damals leider nicht angewendet. —

Vergleichen wir nun noch einmal den ruhenden Muskel mit dem

contrahirten. Geblieben sind mit nicht nachweisbar veränderten optischen Eigenschaften die Querstreifen, nach Engelmann's genauen Messungen sind sie aber gequollen auf Kosten der isotropen Substanz, oder allgemeiner gesagt des übrigen Theiles des Muskelelementes. Zu erkennen ist diese Quellung natürlich nur, wenn dieser Theil isotrop bleibt. Dass diese Quellung keine bemerkbare Abnahme der Anisotropie herbeiführt, während Alkalien und Säuren auch schon bei geringer Quellung die Anisotropie ganz beträchtlich schwächen, ist sehr auffallend. Es tritt die Flüssigkeit möglicher Weise nur zwischen die Krystalloide (Nägeli) der Querscheibe. Alkalien und Säuren machen dieselben aber in Micellen zerfallen. Nicht wesentlich verändert ist weiter die Mittelscheibe. Unsichtbar geworden sind die Nebenscheiben. Sie haben sich an die Querscheibe angelegt, bilden, wie ich glaube, das, was Merkel deren Randsaum nennt, behalten dabei ihre Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und erscheinen in den meisten Fällen isotrop. In Fredericq's Schema vereinigen sich die Nebenscheiben übrigens mit der Zwischenscheibe. Die letztere schliesslich muss in der Contractionsscheibe stecken, deren bedeutendes Volumen Merkel durch die Ueberwanderung von Substanz aus der Querscheibe erklären will. Mir scheint es sich aber dabei um eine Ausscheidung aus der isotropen Substanz zu handeln. Für nicht vollständig ausgeschlossen halte ich bei den höchsten Graden der Verkürzung eine Vereinigung der Nebenscheiben mit der Zwischenscheibe. Die Hauptsache ist aber die Ausscheidung eines bis dahin gelösten Stoffes, sicher eines Eiweissstoffes, ob eines myosinartigen oder eines anderen, vermag ich nicht zu sagen. In den meisten Fällen legen sich die sich ausscheidenden Theilchen in unregelmässiger Weise aneinander, bilden amorphe Massen, dann ist die Contractionsscheibe isotrop, sie können sich aber auch, wie Merkel's Beobachtungen lehren, regelmässig aneinander legen, Krystalloide bilden, in diesem Falle ist die Contractionsscheibe mehr oder weniger anisotrop. Das häufigere Vorkommen der ersten Ausscheidungsweise stimmt vollkommen mit der S. 45 mitgetheilten Theorie von Nägeli über die Bildung von Krystalloiden. Während somit die Mittelscheibe der feste Punkt ist, an dem die bereits vorhandenen,

bleibenden Ausscheidungen (und zwar krystallinischer Natur, nämlich das Myosin der Querscheibe) hängen, so ist die Zwischenscheibe der feste Punkt, an dem die temporäre Ausscheidung stattfindet. Ob es von Bedeutung ist, dass, wie Amici[1]) es abbildet, und auch ich es besonders an den membranösen Muskelplatten aus der Bauchhöhle von Coleopteren deutlich gesehen habe, an dem natürlichen Ende der Muskelfaser der letzte erkennbare Theil eine Zwischenscheibe ist?

Ist die vorstehende kurze Umschreibung der Thatsachen, die im Ganzen mit der von Engelmann gegebenen am meisten übereinstimmt, richtig, so schliessen sich nun an dieselbe eine ganze Anzahl von Fragen an, ohne deren Erledigung von einer Erklärung des Contractionsvorganges noch gar nicht die Rede sein kann. Wir wollen einmal annehmen, es sei der chemische Bau des Muskelelementes bereits genau bekannt, — wie weit wir davon noch entfernt sind, zeigen zur Genüge die Besprechungen in diesem Schriftchen — so wäre zu erörtern, was bei der festgestellten theilweisen Umlagerung der Stoffe im Muskelelement das Primäre ist, die Quellung der Querscheibe oder die Ausscheidung an der Zwischenscheibe. Wie auch dereinst einmal die Entscheidung fallen mag, nicht wird man den einen Theil als die contractile Substanz im engeren Sinne bezeichnen dürfen, alle Theile gehören zusammen. Mit aller Entschiedenheit hat bereits Kühne[2]) eine derartige Auffassung verurtheilt. Einzig der Mittelscheibe und der Zwischenscheibe scheint eine mehr passive Rolle zuzukommen.

Für eine wirkliche Erklärung würde sicherlich einen guten Prüfstein der Richtigkeit das sonstige contractile Gewebe bis zu dem contractilen Protoplasma abgeben. Wahrscheinlich käme man aber überhaupt weiter, wenn diese Gebilde gleichzeitig mit dem quergestreiften Muskel in höherem Grade, als es bis jetzt zu geschehen pflegt, in die Untersuchung hineingezogen würden.

---

1) Amici, Virchow's Archiv. XVI. S. 414. 1859.

2) W. Kühne, Untersuch. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. III. S. 1. 1879.

IV.

Chemie und Chemismus.

I. Die wesentlichen Bestandtheile.

Wie in dem anatomischen Abschnitte, beginnen wir auch hier mit der Frage nach den der quergestreiften Muskelsubstanz und gelegentlich weiter greifend der contractilen Substanz überhaupt gemeinsamen Stoffen, welche wir in dem früher angegebenen Sinne und mit den nöthigen Einschränkungen als wesentlich bezeichnen und einer besondern Beachtung werth halten würden. Es sei vorausgeschickt, dass es sich hier zunächst nur um den frischen und ruhenden Muskel handelt, die bei der Erstarrung sowie bei der Thätigkeit sich einstellenden Veränderungen später in Betracht gezogen werden. Auch soll selbstverständlich nicht das Bekannte hier wiederholt werden: so sind insbesondere Stoffe, welche schon früher als nicht allgemein vorkommend bezeichnet werden konnten, nicht weiter zu berücksichtigen. In dieser Beziehung ist auf den Artikel „Chemie und Stoffwechsel der Muskeln" in Hermann's Handbuch der Physiologie zu verweisen, an welchen sich das Nachstehende in der Disposition und Reihenfolge bis zu einem gewissen Grade anlehnt.

Die Eiweisskörper.

Dass die doppeltbrechende Substanz der Querscheiben der Muskeln aus Myosin besteht, ist in dem zweiten Abschnitt dieser Studien nachgewiesen worden: vielleicht kann man schon weiter gehen und sagen,

Myosin ist überhaupt ein wesentlicher Bestandtheil aller contractilen Substanz, deckt sich mit den nach Engelmann's[1]) Untersuchungen aller contractilen Substanz zukommenden doppeltbrechenden Theilchen. Freilich ist der chemische Beweis noch nicht für alle Formen der contractilen Substanz erbracht, ausser bei den Wirbelthieren ist bis jetzt Myosin nur aus Crustaceen und verschiedenen Mollusken von Krukenberg[2]) dargestellt worden, aber doch sind gerade für einige der einfachsten Formen Eigenschaften bekannt, die nicht anders als auf ihrem Gehalt an Myosin beruhend zu deuten sind. Ich habe dabei im Auge die Angabe von Ecker[3]), dass die ungeformte contractile Substanz von Infusorien und von Hydra in Lösung von kohlensaurem Kali erhärtet und schrumpft, und die von Brandt[4]), dass die Amöben sich in zehnprocentiger Kochsalzlösung ganz auflösen. Auf Krukenberg's negative Befunde bei Schwämmen und Holothurien komme ich weiter unten zu sprechen.

In chemischer Beziehung ist nun aber möglicher Weise zu unterscheiden zwischen dem Myosin, welches die sarcous elements in der lebenden Muskelfaser enthalten, und demjenigen, das wir, sei es aus frischen Muskeln nach Kühne's[5]) Methode ausgepresst, sei es aus todtenstarren Muskeln gewinnen. Jenes müsste, wenn wir den Gerinnungsprocess, der sich im Muskelinhalt vollzieht, mit der Faserstoffgerinnung vergleichen, als eine myosinogene Substanz bezeichnet werden, wie wir vom Fibrinogen sprechen im Blutplasma und erst nach seiner Ausscheidung von Fibrin. In welchem chemischen Verhältniss das Fibrinogen zum Fibrin steht, wissen wir gar nicht, mit Hammarsten's[6]) Angabe, dass Fibrin stickstoffreicher sei als Fibrinogen, somit eine Abspaltung stickstofffreier oder stickstoffärmerer Atomgruppen bei der

1) Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 432. 1875.

2) C. Fr. W. Krukenberg, Vergleichend-physiolog. Studien an den Küsten der Adria. 2. Abtheil. Heidelberg 1880. S. 12.

3) A. Ecker, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. I. S. 218. 1849.

4) K. Brandt, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878. S. 563.

5) W. Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma etc. Leipzig 1874.

6) O. Hammarsten, Arch. f. d. ges. Physiol. XXII. S. 431, 1880.

Fibrinbildung stattfinden müsse, scheint mir bei ihrer Unsicherheit bis jetzt doch wenig zu machen zu sein. Fassen wir aber den Vorgang als einen Fermentprocess auf, wofür ja sicher Vieles spricht, so müsste sich doch die Muttersubstanz irgendwie verändern, sich etwa — das scheint mir nach Allem der einfachste denkbare Process — unter Wasseraufnahme in zwei gleiche Moleküle theilen. Auch die Myosingerinnung hat man ihrer vielfachen Aehnlichkeit mit der Fibringerinnung wegen als einen fermentativen Vorgang auffassen wollen, hier stösst man aber auf anscheinend sehr grosse Schwierigkeiten: die optischen Eigenschaften der Substanz sind vor und nach der Gerinnung ganz die nämlichen! Das Erhaltenbleiben der optischen Eigenschaften spricht freilich nicht unbedingt gegen eine chemische Veränderung, seitdem es sicher gestellt ist, dass auch die Coagulation des Myosins, die doch unter allen Umständen als eine, wenn auch vielleicht nicht sehr eingreifende chemische Veränderung anzusehen ist, die optischen Eigenschaften nicht ändert. Immerhin ist dieser Umstand keine Stütze der Fermenttheorie; statt an ihr allein zu hängen, wäre es einstweilen vielleicht richtiger, im Sinne der NÄGELI'schen Theorie zu sagen: bei der Gerinnung des Blutplasmas wie des Muskelplasmas vereinigen sich (unter Vermittlung unbekannter Agentien) die zerstreuten Micellen zu Micellarverbänden; es waren dieselben im Blutplasma isolirt vertheilt, in das Muskelplasma sind sie bei der Zerreissung der Muskeln hineingebracht worden, und zwar von vornherein nicht so isolirt, sondern bereits in Verbänden, den sarcous elements, vereinigt. Dieser bereits bestehenden Vereinigung der Micellen verdankt möglicherweise das Muskelplasma die grössere Neigung zur Gerinnung im Vergleich mit Blutplasma desselben Thieres. Ich verfehle nicht, bei dieser Gelegenheit besonders darauf aufmerksam zu machen, dass ich die sarcous elements als dem KÜHNE'schen Muskelplasma angehörig betrachte, in Zukunft nicht mehr, wie ich es in HERMANN's Handbuch der Physiologie noch gethan, dieselben unter die zurückbleibenden ungelösten Eiweisskörper rechnen werde, wenn schon ihrer geringeren Beweglichkeit halber ein vollkommener Uebergang in das Muskelplasma beim Auspressen nicht zu erwarten ist. „Gelöst" und „ungelöst" bildet bei

den Stoffen, welche Micellarlösungen liefern, keinen scharfen Gegensatz. „Quellung" führt von dem letzteren Zustand zu dem ersteren.

Ob der die anisotrope Substanz bildende Körper, den wir, wie ich es in dem zweiten Abschnitt, ohne näher auf den eben erwähnten Punkt einzugehen, stets gethan habe, einfach weiter Myosin nennen wollen, überall vollkommen der nämliche Körper ist, bedarf einer besonderen Prüfung. Ziehe ich meine eigenen Notizen zu Rathe, so finde ich, dass die Anisotropie der Muskeln verschiedener Thiere nicht in gleichem Grade durch concentrirte Lösungen verschiedener neutraler Salze (Mittelsalze) verändert wird. So schwächen gesättigte Lösung von NaCl die Anisotropie bei Frosch, Krebs, Biene mehr als bei Petromyzon, von Na_2SO_4 bei Coleopteren mehr als bei Isopoden, Lumbricus terrestris und Limax, von NH_4Cl bei Frosch und Biene mehr als bei Krebs, von $(NH_4)_2SO_4$ bei Krebs mehr als bei Frosch, von $MgSO_4$ bei Blatta orientalis mehr als bei Frosch und Krebs. Allzuviel Gewicht möchte ich meinen Beobachtungen, die ursprünglich nicht dieser Frage wegen angestellt worden sind, nicht beilegen, nicht bloss weil die einzelnen Beobachtungen nicht mehrfach wiederholt sind, sondern hauptsächlich, weil die Versuchsbedingungen nicht stets die gleichen gewesen, insbesondere die Spannung der Muskeln, deren Werth ich zur Zeit der Versuche noch nicht kannte, nicht genügend berücksichtigt worden ist. Der Schluss auf Verschiedenheit des Myosins wird aber um so weniger beanstandet werden, als einerseits bereits Kühne in seinen oben erwähnten Untersuchungen für die Wärmestarre Temperaturdifferenzen bei verschiedenen Wirbelthieren angegeben hat, und andererseits einer der gründlichsten Kenner des Myosins, Danilewski [2]), klar ausspricht: „Es gibt aber auch manche Unterschiede von nativem Myosin, was von vornherein zu erwarten war. Die Unterschiede bestehen in der schwereren Löslichkeit der myosinoiden Substanzen in Kochsalzlösungen." In Danilewski's Arbeit finde ich allerdings keine speciellen Angaben über die verschiedene Löslichkeit, wohl aber noch über Unterschiede der Sättigungscapacität der Myosine verschie-

2) A. Danilewski, Zeitschr. f. physiol. Chemie. V. S. 158. 1881.

dener Thiere für Säuren, die der Verfasser ganz ausdrücklich nicht als Bestimmungsfehler angesehen zu haben wünscht. Dass man, wenn etwa die zehnprocentige Kochsalzlösung, die für Froschmuskeln ganz geeignet ist, aber hinter der fünfzehnprocentigen Salmiaklösung doch weit zurücksteht (vgl. S. 42), einem Gewebe Myosin oder überhaupt eine globulinartige Substanz nicht zu entziehen vermag, keinesfalls ohne Weiteres das Fehlen einer Myosinart folgern darf, liegt nach dem Gesagten auf der Hand. Aus diesem Grunde musste ich auch die bereits angeführten negativen Befunde Krukenberg's, der sich nur der zehnprocentigen Chlornatriumlösung bedient hat, beanstanden. Wodurch die Unterschiede zwischen den Myosinen bedingt sind, darüber lassen sich einstweilen nur Vermuthungen äussern; möglicher Weise ist das Eiweiss überall das gleiche, nur die mit ihm verbundenen anorganischen Bestandtheile, die nach den Untersuchungen von Danilewski gerade im Myosinmolekül von Wichtigkeit zu sein scheinen, sind quantitativ oder qualitativ verschieden. Der Salzgehalt wird vorzüglich die Erstarrungstemperatur (die Wärmestarre) beeinflussen.

Nächst dem Myosin sind aller contractilen Substanz eigen noch andere Eiweisskörper verschiedener Art, über die sich nichts Allgemeines sagen lässt. Es sind die Mittel zur scharfen Trennung derselben von einander noch nicht vorhanden. Die Gerinnungstemperaturen der abgepressten Fleischsäfte dürfen zum Vergleich der letzteren nur mit äusserster Vorsicht benutzt werden, da sie von dem Salz- und Säuregehalt in für den einzelnen Fall unberechenbarer Weise abhängen, gar nicht zu gedenken der von Krukenberg wohl zu gering geschätzten Störung, die in der Beimischung von Flüssigkeiten aus anderen, von den Muskeln nicht abzutrennenden oder nicht abgetrennten Geweben oder Organen liegt.

Die Fette.

Ich würde kaum Veranlassung finden, von den Fetten hier zu reden, wäre mir nicht ganz zufällig in Hoppe-Seyler's neuem Lehrbuch [1]) der Satz aufgestossen: „Es ist wahrscheinlich weder Fett noch glutin-

1) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie. Berlin 1881. S. 637.

gebende Substanz in den normalen Muskelfasern selbst enthalten, sondern beide werden dem die Muskeln verkittenden, oft Fettzellen enthaltenden Bindegewebe zugehören.“ Die Frage dünkt mich doch zu wichtig, um sie mit so wenigen Worten zu erledigen. Wie schwierig es ist, andere fettführende Gewebe aus dem Muskel zu entfernen, darauf ist schon oft aufmerksam gemacht worden. Das für den Muskel nothwendige Minimum von Fett zu bestimmen, ist daher auch unmöglich; ich finde aber in allen contractilen Gebilden bis zum Protoplasma hinab nicht bloss Spuren, sondern sehr deutliche Mengen von Fett. Dasselbe tritt keineswegs stets nur in Tropfen auf, sondern ist oft so fein vertheilt, dass man es gelöst nennen könnte. Etwas anderes ist es noch, zu untersuchen, ob bei dem Muskel auch die eigentliche contractile Substanz, worunter ich bei dem quergestreiften Muskel die gesammte quergestreifte oder fibrilläre Substanz, nicht nur einzelne Theile derselben verstehe, Fett führt, oder ob das Fett nur zukommt dem in den quergestreiften wie den glatten Muskeln nie fehlenden, aber in verschiedener Menge und Lagerung vorkommenden Protoplasma, sowie der Ernährungsflüssigkeit zwischen den Muskelsäulchen u. s. w. Hier sind ja Fetttröpfchen deutlich zu sehen. Wesentlich für die contractile Substanz im weiteren Sinne wäre das Fett auch in dem letzteren Falle noch zu nennen.

Die Kohlehydrate.

Im Gegensatz zum Inosit, welchen Krukenberg[1]) u. A. in dem Fleisch der verschiedensten Fische stets vermisste, muss Glykogen zu den constanten Bestandtheilen nicht bloss der quergestreiften Muskeln, sondern der contractilen Substanz überhaupt gerechnet werden. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Zusammenstellungen in Hermann's Handbuch der Physiologie (I. S. 279) sowie von Krukenberg.[2]) Gerade hier möchte ich aber wiederholen, dass wir nicht beweisen können, Contrac-

1) C. Fr. W. Krukenberg, Untersuch. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. IV. S. 33. Heidelberg 1881.

2) Derselbe, Vergleich. physiol. Studien an den Küsten der Adria. S. 52. Heidelberg 1880.

tilität sei, momentan oder für die Dauer, unmöglich bei Abwesenheit von Glykogen. Wie eine grosse Anzahl von Pflanzen an Stelle des Amylums Inulin führen, so könnten ja vielleicht auch contractile Gebilde an Stelle des Glykogens ein anderes Kohlehydrat enthalten. Die Unterschiede, welche die Glykogene (der Muskeln wie der Lebern) verschiedener Thiere in ihrem Verhalten gegen Jod zeigen, sind übrigens zu unbedeutend (vgl. HERMANN's Handb. a. o. a. O.), um hier in Betracht zu kommen.

Ich benutze diese Gelegenheit, um die deutsche Physiologie in Schutz zu nehmen gegen den ihr von KÜLZ[1]) gemachten Vorwurf, dass sie ein Anrecht CLAUDE BERNARD's verkümmere. Die von KÜLZ mitgetheilten eigenen Worte BERNARD's, nach welchen dieser Forscher „quelquefois" in den Muskeln erwachsener Thiere Glykogen sich anhäufen sah, rechtfertigen vollständig die Ausdrucksweise in der oben angeführten Zusammenstellung der Angaben über das Vorkommen des Glykogens. Ich konnte nicht wohl anders sagen, als dass „mitunter" BERNARD in den Muskeln ausgewachsener Thiere Glykogen beobachtet habe. Von einer Constanz des Vorkommens unter diesen besonderen Verhältnissen, und gerade um diese Constanz handelt es sich ja, ist bei BERNARD niemals die Rede, auch nicht in seinen nachgelassenen Schriften.

Von Wichtigkeit ist es nun noch, gerade wie bei dem Fett, den Sitz des Glykogens genau zu bestimmen. Es scheint vieles dafür zu sprechen, dass die fibrilläre Substanz der quergestreiften wie glatten Muskeln Glykogen nicht führt. Es ist wenigstens in ihr noch nicht nachgewiesen, wohl aber in der protoplasmatischen Substanz. So hat SCHWALBE[2]) gezeigt, dass Glykogen in der protoplasmatischen Marksubstanz der Muskelfasern von Hirudo sitzt, und CL. BERNARD[3]) fand in den quergestreiften Muskeln von Embryonen Glykogen in dem mittleren, noch nicht differenzirten, kernführenden Theile der Fasern. In den beigegebenen Abbildungen tritt das Glykogen in verhältnissmässig

1) KÜLZ, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. S. 41, 1881.

2) G. SCHWALBE, Arch. f. mikroskop. Anat. V. S. 205. 1869.

3) CL. BERNARD, Leçons sur les phénomènes de la vie. II. Paris 1879. p. 78. Taf. I.

grossen Körnern hervor, diese mögen aber zum Theil erst durch Cl. Bernard's Reactif, einer Mischung von gesättigter alkoholischer Jodtinktur mit Eisessig zu gleichen Theilen, entstanden sein. In späteren Zeiten des Embryonallebens soll nach Cl. Bernard das Glykogen nur noch „à l'état d'imbibition" existiren. Das würde dann freilich die eigentliche contractile Substanz angehen. Ich habe bei den glykogenreichsten Muskeln, den Rückenmuskeln der Kaninchen, vergeblich unter dem Mikroskop nach Glykogen gesucht, geschweige denn, dass es mir gelungen wäre, die Frage nach dem Sitz zu erledigen. Die mitgetheilten Beobachtungen machen mir es aber schon sehr wahrscheinlich, dass Glykogen nicht zu den wesentlichen Stoffen erster Ordnung gehört, dass eine Fibrille sich zu contrahiren vermag ohne Glykogen, wie der Muskel gehungerter Thiere, der nach Luchsinger[1]) glykogenfrei ist, noch kurze Zeit arbeiten kann.

Mit den genannten Stoffen, Wasser und Salze einbegriffen, ist die Reihe der constanten Bestandtheile der contractilen Substanz überhaupt, und sogar der quergestreiften geschlossen. Noch vor wenigen Jahren durfte ich nach dem damaligen Stand unserer Kenntnisse das Kreatin zu den regelmässigen Bestandtheilen des contractilen Gewebes der Wirbelthiere wie der Wirbellosen rechnen, die ausgedehnten Untersuchungen von Krukenberg[2]) zwingen jetzt zur Streichung. Ja sogar für die quergestreifte Muskulatur der Wirbelthiere allein bezeichnet Krukenberg[3]) das Kreatin nur als nahezu constant.

II. Die Starre.

Die Fähigkeit zu erstarren, im ursprünglichen Sinne des Wortes, ist allen contractilen Gebilden eigen, ist aber sicher nicht ein Charak-

1) Luchsinger, Experim. u. krit. Beitr. z. Physiol. u. Pathol. d. Glykogens. Dissert. Zürich 1875.

2) C. Fr. W. Krukenberg, Untersuch. a. d. physiol. Instit. d. Univ. Heidelberg, herausg. von W. Kühne. III. S. 197. Heidelberg 1880.

3) Derselbe, ebenda. IV. S. 33. 1881.

teristicum der contractilen Substanz; auch Zellen, welche der Contractilität entbehren, wie die Leberzellen, erstarren unter ähnlichen Bedingungen wie jene. In dem Folgenden wird der Ausdruck Starre aber nicht in dem beschränkten mechanischen Sinne gebraucht, sondern soll die bei der Erstarrung vorkommenden Erscheinungen verschiedenster Art, gewöhnlich Theilerscheinungen genannt, umfassen. Wie bedeutend diese Vorgänge durch die Wirkung von Fäulnissbacterien getrübt werden, wie sehr dadurch ihre Erkenntniss erschwert wird, darauf habe ich selbst schon früher hingedeutet [1]), und bin, wie es nach dem unten Mitzutheilenden scheinen könnte, doch selbst in den Fehler verfallen, die Irrthümer nicht ganz zu vermeiden.

Von den Theilerscheinungen der Starre: Gerinnung des Myosins, Ausfällung von Kalialbuminat, Uebergang von Glykogen in Traubenzucker, Bildung von Milchsäure, Freiwerden von Kohlensäure, die wohl alle constant sind, lasse ich alles die Eiweisskörper betreffende sowie die Bildung der Kohlensäure hier ganz ausser Acht. Die wenigen Bemerkungen, die zu der Gerinnung des Myosins zu machen waren, finden sich schon oben S. 78 der Besprechung des Myosins eingefügt. Zunächst soll nur von dem Stoffe die Rede sein, dessen chemische Verwandlungen bei der Starre deutlich festgestellt sind, von dem Glykogen. Die Umwandlung des Glykogens muss als die einfachste der Theilerscheinungen der Starre immer von Neuem Interesse erregen; von ihr ist am meisten zu hoffen, dass sie die Erkenntniss des Wesens des ganzen Vorganges fördert. Es fehlt hier immer noch an den nöthigsten Versuchen, zunächst an eingehenden Versuchen mit dem isolirten Ferment, welches ebenso oder ähnlich wie ein Ferment der Leber die Umwandlung des Glykogens weiter führt, als die Fermente der Speicheldrüsen es vermögen. In der Leber wie im Muskel werden ja Zuckerarten der Traubenzuckergruppe gebildet, wahrscheinlich Traubenzucker selbst. Für die Leber wenigstens ist die Identität der Zuckerart mit Traubenzucker durch Darstellung der Kochsalzverbindung von Külz [2])

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln. S. 288.

2) E. Külz, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. S. 52. 1881.

mit Bestimmtheit nachgewiesen worden, den Muskel betreffend steht die Entscheidung noch aus. Manche dieser Versuche könnten, an beiden genannten Organen angestellt, mit einander Hand in Hand gehen, so insbesondere zur Erledigung der Frage, ob, wie in der Leber, so auch im Muskel Maltose als Zwischenproduct auftritt, und durch welche Agentien sich die Maltose weiter verändert. Nachgewiesen ist Maltose im Muskel bis jetzt nicht, sehr unwahrscheinlich macht mir ihre Bildung im Muskel überhaupt die Thatsache, dass kräftiger, auf Glykogen rasch einwirkender Muskelbrei das Reductionsvermögen einer Maltoselösung nicht erhöhte, demnach die Maltose nicht in Traubenzucker umzuwandeln im Stande ist.

Noch weniger wissen wir über die Bildung der Milchsäure, die bis dahin stets aus den Kohlehydraten, dem Glykogen selbst oder einem Umwandlungsproduct des Glykogens, dem Fleischzucker, abgeleitet worden ist. Betrachtungen vorgreifend, welche sich weiter unten eingehend mit dem Wesen der Muskelprocesse beschäftigen, gedenke ich hier des Einwurfes, dass es sich bei den Vorgängen im Muskel nicht um Wirkung einzelner Fermente, sondern um Wirkung von Protoplasma, das ist in diesem Falle der gesammten Muskelsubstanz, handele. Mit Fermenttheorie und Protoplasmatheorie werde ich diese beiden Auffassungsweisen bezeichnen.

Kehren wir zunächst zu der Umsetzung des Glykogens zurück. Wäre die Protoplasmatheorie die richtige, so müssten doch sicher möglichst fein zerkleinerte Muskeln, mit Sand zerrieben und in Wasser vertheilt, — durch diese Operationen dürfte wohl das Protoplasma zerstört sein — nicht in der gleichen Weise ihr Glykogen zerlegen, wie unzerkleinerte Muskeln. Ich finde aber stets die Zersetzung gleich, höchstens in dem zerkleinerten Muskel etwas rascher sich vollziehen. Aber nicht bloss das eigene, sondern auch zugesetztes Glykogen vermag der mit Wasser versetzte Muskelbrei umzuwandeln, und sogar das aus mit Wasser zerriebenen Muskeln gewonnene Filtrat besitzt noch die seit Magendie [1]) für den Muskel bekannte, mit Unrecht

1) Magendie, Compt. rend. XXIII. p. 189.

öfters angezweifelte Fähigkeit, aus zugesetztem Glykogen reducirende, einstweilen noch nicht weiter erforschte Zuckerarten zu bilden. Dass zerkleinerter Muskel zugesetztes Glykogen rascher umwandelt als unzerkleinerter, erklärt sich leicht aus der innigeren Berührung mit dem in Lösung übergegangenen Ferment.

Noch weit mehr sprechen gegen die Protoplasmatheorie Versuche mit „Alkoholmuskeln". Hierunter sind zu verstehen Muskeln, durch Ausspritzen der Gefässe mit Kochsalzlösung vom Blut vollkommen befreit, sofort nach dem Ausschneiden unter absolutem Alkohol zerkleinert und mehrere Monate unter Alkohol belassen, dann mit Aether behandelt und endlich zu einem ganz gleichmässigen, äusserst feinen Pulver zerrieben. Verwendet wurden hierzu, weil mit am reichsten an Glykogen, Rückenmuskeln von je einem Kaninchen. Eine Portion des Pulvers, sofort gekocht, reducirte 14 cc. einer Lösung von Kupfersulphat, eine gleiche Menge, einige Stunden mit Wasser bei 40° C. digerirt und dann gekocht, 28 cc., und endlich eine dritte, ebenso lang und mit der gleichen Menge Wasser, aber unter Zusatz von etwas reinem Glykogen digerirt, 70 cc. Es ist hier wohl auch nicht mehr die geringste Möglichkeit, von Protoplasma zu reden, das Resultat ist nicht anders als in die Worte zu fassen: Der Alkoholmuskel vermag durch sein Ferment sein eigenes wie auch zugesetztes Glykogen zu zerlegen. Der mitgetheilte Versuch ist nicht der einzige, den ich angestellt habe. Dasselbe Material in einem zweiten Versuch, sowie Alkoholmuskeln von einem anderen Kaninchen stammend, verhielten sich ganz ähnlich. Die Digestion liess ich stets nur kurze Zeit dauern und natürlich in bedecktem Gefäss, um Pilzwirkungen möglichst zu vermeiden. Gleiche Mengen frischer Muskelsubstanz von demselben Glykogengehalt liefern in derselben Zeit aber sehr viel mehr reducirende Substanz. Dieser Umstand brachte mich auf die unten noch einmal zu besprechende Vermuthung, es habe durch die Behandlung mit Alkohol und Aether das Ferment gelitten. In der That fehlt es den Alkoholmuskeln sehr an Ferment; setzt man in einem Controlversuch dem Muskelbrei Speichel zu, so wird das Reductionsvermögen der Masse weit höher, kann sogar das bei Zusatz von Glykogen erhaltene übertreffen.

Für die Versuche über die Bildung von Milchsäure durch Alkoholmuskeln war die Beeinträchtigung der zuckerbildenden Fermente, so lange man die Kohlehydrate, und speciell die Abkömmlinge des Glykogens, als die Muttersubstanzen der Milchsäure ansehen durfte, natürlich von grosser Bedeutung. Es liess sich nun gar nicht erwarten, dass die gleiche Menge von Säure gebildet werde, wie in dem frischen Muskel. Zudem war der möglichen Störung durch Pilze wegen die Digestion hier erst recht nicht zu lange auszudehnen. Versuche über die Säuerung von Alkoholmuskeln sind bereits gemacht, und zwar von DU BOIS-REYMOND.[1]) Das Resultat war, dass die Muskeln nicht mehr ordentlich sauer wurden. Dieses „nicht mehr ordentlich" wollte mir nicht genügen, es schien mir da nur ein „entweder, oder" zu geben, doch schon meine Beobachtungen über die Zersetzung des Glykogens in den Alkoholmuskeln belehrten mich eines anderen, wie ich bereits erwähnte.

Die Rückenmuskeln der Kaninchen gaben mir zu den folgenden Experimenten auch wieder das Material. Es liefern dieselben ja nach J. RANKE[2]) die grösste Menge von Säure bei der Erstarrung. Die Anordnung des Versuches war einfach die, dass von zwei gleichen Mengen des Muskelpulvers die eine zerrieben mit Wasser, die andere mit dem gleichen Volumen gesättigter Chlorkaliumlösung, welche die Säurebildung bekanntlich vollständig verhindert, einige Stunden digerirt wurde. Zur Titration mit Barytwasser sind dann, um irgend welche Fehlerquellen im Abweichen der Chlorkaliumlösung von der neutralen Reaction auszugleichen, und gleichzeitig auch um die Zersetzungen so gut wie vollkommen zu hemmen, in den beiden Gefässen gleichmässige Gemische durch Zusatz von Wasser und andererseits von Chlorkaliumlösung herzustellen. Säurebildung in dem nur mit Wasser versetzten Muskelbrei kam mir ausnahmslos zu Gesicht, freilich nur schwach, daher ich auch davon abstehen musste, die Art der Säure zu bestimmen. Bei Zusatz von Glykogen war die Säuremenge deutlich grösser. Mit-

1) E. DU BOIS-REYMOND, Monatsber. d. Berliner Acad. 1859. S. 288.

2) J. RANKE, Tetanus. Leipzig 1856. S. 142.

wirkung von niederen Organismen, das muss ich zugeben, war natürlich nicht ganz ausgeschlossen; kommt die Säurebildung aber, wenn auch nur zum Theil, auf Rechnung des Muskels, so kann es sich nicht um Protoplasmawirkung handeln.

Umgekehrt wie bei der Frage, ob Glykogenumwandlung im Muskel mit Fermenttheorie oder Protoplasmatheorie stimme, haben wir hier die Alkoholmuskeln zuerst besprochen und wenden uns jetzt erst der frischen Muskelsubstanz zu. Möglichst fein zerriebene Muskeln werden bekanntlich noch sauer. Man könnte wohl schon diese Thatsache gegen die Protoplasmatheorie verwerthen. Ganz den gleichen grossen oder geringen Werth hat die von mir wiederholt constatirte Zunahme der Säurebildung in dem Gemisch frischer zerriebener Froschmuskeln, welchen Glykogen zugefügt war. Dieser Erfolg konnte einerseits kein Wunder nehmen, weil ja im Allgemeinen glykogenreichere Muskeln auch mehr Säure liefern, andererseits aber war ein positiver Erfolg in dem obigen Sinne doch auch nicht so ohne Weiteres vorauszusehen, weil die Muskeln bei der Erstarrung niemals die gesammte Menge ihrer Kohlehydrate verbrauchen.

Vergeblich bemühte ich mich bei dieser Gelegenheit, zu ergründen, aus welchen Kohlehydraten der Muskel die Säure bilde, da ein directer Uebergang von Glykogen in Milchsäure doch nicht anzunehmen war. Ich habe reinsten Traubenzucker mit Muskelbrei digerirt, ohne Vermehrung von Säure zu sehen, habe ebenso Maltose verwendet, erlebte aber auch da stets negative Resultate.[1])

Auf diesem Punkte stand meine Untersuchung, als die bereits erwähnte Arbeit von R. Böhm[2]) „Ueber das Verhalten des Glykogens und der Milchsäure im Muskelfleisch mit besonderer Berücksichtigung der Todtenstarre“ erschien. Das Hauptergebniss dieser Arbeit ist, dass bei der Starre sich Milchsäure bilden kann, ohne dass das Glykogen an Menge abnimmt, dass demnach letzteres nicht als die Muttersubstanz der Milchsäure angesehen werden darf. Bedingung für das Ge-

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln. S. 295.

2) R. Böhm, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIII. S. 44. 1880.

lingen des Versuches ist das Fernhalten der Fäulniss, wozu das Aufbewahren des ausgebalgten und ausgeweideten Thieres in einem kalten Raume (ca. 4° R.) genügt. Die Glykogenzersetzung bei der Starre ist nach Böhm nur durch Fäulnissbacterien veranlasst.

Beginnen wir mit der Erörterung dieses letzteren Punktes.

Böhm hat offenbar die Methode der Glykogenbestimmungen wesentlich verbessert durch das gründliche Auskochen des Fleisches im Papin'schen Topfe[1]); die Zahlen seiner ersten Tabelle beweisen, dass bei einfachem Auskochen nach der alten Methode bis zu 25 %, im günstigsten Falle immer noch 5 % des gesammten Glykogens im Muskelbrei zurückbleiben können. Ganz vollkommen ist aber auch das Böhm'sche Extractionsverfahren nicht. Um das zu zeigen, lasse ich zunächst Böhm's Versuche I – X aus der 1. und 2. Reihe, in Tabelle III und IV enthalten, folgen.

	Versuchs-Nummer	A Glykogen in % sofort nach dem Tode	B Zeitraum zwischen dem Eintritt des Todes und der Untersuchung der zweiten Körperhälfte	C Glykogen in % in der zweiten Körperhälfte	$\frac{C}{A}$
I. Reihe Tab. III	I	0,13	1 Stunde 10 Min.	0,16	1,23
	II	0,10	1 „ 55 „	0,15	1,50
	III	0,39	2 Stunden	0,34	0,87
	IV	0,33	2 „ 15 Min.	0,38	1,15
II. Reihe Tab. IV.	V	0,59	6 „	0,41	0,70
	VI	0,038	7 „ 15 Min.	0,025	0,66
	VII	0,90	7 „	0,68	0,76
	VIII	0,90	24 „	0,68	0,76
	IX	0,276	24 „	0,170	0,62
	X	0,99	8 „ 30 Min.	0,46	0,46

In allen diesen Versuchen war die zweite Köperhälfte im warmen Zimmer liegen geblieben. Die letzte Columne $\frac{C}{A}$ ist von mir zuge-

1) Bei allen Glykogenbestimmungen muss man eine Fehlerquelle im Auge behalten, die in dem schon oft bemerkten Stärkegehalt des Filtrirpapiers gelegen ist. Wohl am reichsten an Amylum ist das Filtrirpapier No. 597 von Schleicher und Schüll in Düren. Nur in wenigen Papiersorten, so in dem schwedischen Filtrirpapier, fehlt das Amylum gänzlich.

fügt worden, um die Veränderung im Glykogengehalt deutlicher zu zeigen.

Da ergibt sich denn, dass die Versuche der 1. Reihe noch keineswegs berechtigen zu dem von Böhm aus ihnen gezogenen Schluss, „dass in dem Zeitraum von 2^h 15′ nach dem Tode jedenfalls keine erhebliche Abnahme des Glykogens in den Muskeln stattfindet.“ Es ist im Gegentheil sogar eine Zunahme des Glykogens bis zu 50 % im Versuch II eingetreten, nur im Versuch III eine Abnahme um 13 %. Das sind ja Unterschiede, weit grösser, als sie Böhm nach seiner Untersuchungsmethode selbst für erlaubt hält!

Die Versuche der 1. Reihe fallen somit aus: sie sind vielleicht die ersten gewesen, ausgeführt vor vollkommener Ausbildung der Methode.

In der hier nicht wieder abgedruckten 3. Reihe, welche Glykogenbestimmungen direct nach dem Tode und andererseits nach Aufbewahrung im kalten Raume (ca. 4° R.) behandelt, findet sich auch noch ein Versuch (XIV) mit Zunahme des Glykogens um 11 %, in den anderen aber tritt das Unverändertbleiben des Glykogens klar zu Tage. Dass in der Kälte alle Zersetzungen verzögert werden, mögen sie nun, wie ich für die Umsetzung des Glykogens angenommen habe und noch annehme, durch Fermente oder, wie Böhm meint, durch niedere Organismen bedingt sein, unterliegt ja keinem Zweifel. Momentanes Verschwinden des Glykogens hat auch ausser Takácz [1]) noch Niemand behauptet, ich selbst habe vor mehreren Jahren in 7 Stunden lang bei 22° C. digerirten Kaninchenmuskeln Glykogen gefunden [2]), Böhm findet nach 24 Stunden, Külz [3]) nach 26 Stunden noch Glykogen bei Aufbewahrung im warmen Zimmer. Die diesen Punkt betreffenden Versuche von Böhm sind in der 2. Reihe zusammengestellt. Sie sind noch zu einigen weiteren Schlussfolgerungen benutzt worden, auf die ich noch eingehen muss. Zuerst wird aus den Versuchen VI, IX und

---

1) Takácz, Zeitschr. f. physiol. Chemie. II. S. 372. 1878-1879.

2) O. Nasse, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. S. 471. 1877.

3) Külz, ebenda XXIV. S. 59. 1881.

X gefolgert, dass bei langsam fortschreitender Fäulniss relativ um so mehr Glykogen verschwinde, je grösser der ursprüngliche Glykogengehalt der Muskeln sei. In Versuch VI, meint Böhm, habe überhaupt keine merkliche Glykogenabnahme stattgefunden, die Differenz zwischen 0,03 (in der Tabelle ist es aber 0,038!) und 0,025 falle in die Fehlergrenzen. Um die Differenz handelt es sich aber überhaupt nicht, sondern um das Verhältniss der beiden Werthe zu einander, und da berechnet sich denn eine Abnahme des Glykogens um 34 %, wie die Columne $\frac{C}{A}$ auch zeigt. In gleicher Weise berechnet, stellt sich die Abnahme in Versuch IX auf 38, in Versuch X auf 54 %. Die drei Versuche lassen sich aber überhaupt nicht miteinander vergleichen, weil die Zeiten verschieden sind; verwendbar würden nur sein, constante Temperatur bei allen Versuchen vorausgesetzt, die Versuche VIII und IX, sowie annähernd noch VI und VII. Die Zahlen der letzten Columne nöthigen dann, gerade umgekehrt wie Böhm zu schliessen auf eine Verringerung der Glykogenabnahme bei Steigen des ursprünglichen Glykogengehalts. Aber auch diese Betrachtungen halte ich für überflüssig, ebenso wie ich es für unzulässig halten würde, wenn Jemand aus den Versuchen VII und VIII abnehmen wollte, die Glykogenzersetzung sei in den ersten Stunden viel rascher als in den folgenden. Es dürfen eben nicht verschiedene Thiere in dieser Art mit einander verglichen werden, zumal nicht, wenn man mit Böhm das Glykogen zu einem Theil in einem löslichen oder gelösten, leichter angreifbaren Zustand, zu einem anderen Theil in der Muskelsubstanz fester eingeschlossen annimmt. Wie gross jeder der Theile ist, lässt sich ja gar nicht feststellen. Einzig mit einander vergleichbar scheinen mir die Muskeln desselben Individuums zu sein, vorausgesetzt, dass dasselbe in seinen Bewegungen nicht irgendwie beschränkt gewesen ist, und so etwa abnorme Anhäufungen von Glykogen in zur Unthätigkeit gezwungenen Muskeln eingetreten sind. Was sich ergibt, wenn solche Muskeln zur Zeit, wo alles Glykogen aus ihnen verschwunden und nur mehr

1) Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 473. 1877.

Fleischzucker zurückgeblieben ist, untersucht werden (alle zu der gleichen Zeit natürlich), habe ich früher [1]) bereits mitgetheilt: in allen Muskeln ist ein gleicher Bruchtheil der Kohlehydrate verschwunden. Ungelöst bleibt dabei die Frage, warum die Kohlehydrate nicht vollkommen zersetzt werden. Die vollkommene Zerstörung findet nach meinen Erfahrungen erst statt, wenn deutlich stinkende Fäulniss eintritt. An eine Hemmung der Zersetzung durch die entstandenen Zersetzungsproducte ist jedenfalls nicht zu denken, dann müsste im glykogenreicheren Muskel eine weit grössere Menge von Fleischzucker zurückbleiben, könnten nicht die Muskeln im Zuckergehalt wieder eben so verschieden sein, wie sie es im Glykogengehalt gewesen.

Thatsache ist es also, — wir kehren nun zu der Hauptsache zurück — dass Glykogen keineswegs sehr rasch zu verschwinden braucht, aber das Verschwinden auf Rechnung der Fäulniss zu setzen, sehe ich keinen Grund, sondern halte bis auf Weiteres an der Fermenttheorie fest. Der Schwerpunkt der Böhm'schen Arbeit liegt übrigens nicht in der Erklärung der Glykogenzersetzung, sondern in dem durch Zahlen geführten Nachweis, dass Milchsäure sich bilden kann, ohne dass die Glykogenmenge sich verringert, dass somit Glykogen nicht die Muttersubstanz der Milchsäure sein kann. Darum braucht die Glykogenzersetzung noch kein Fäulnissprocess zu sein, es hat sich nur eine Unabhängigkeit der in Rede stehenden beiden Theilerscheinungen der Starre von einander gezeigt. Dass aber überhaupt einige der Theilerscheinungen der Starre, freilich nicht gerade die hier behandelten, unabhängig von einander sind, ist nichts Neues.[2]) Böhm's Methode, die Milchsäure zu bestimmen, ist offenbar besser als alle bisherigen, und doch kann ihr leicht ein Fehler anhaften. Ich finde nämlich den im Dampftopf gekochten Muskelbrei stets stark sauer. Es ist eine Zerlegung des Fettes eingetreten, wie mir das auch einige eigens zur Ergründung der Erscheinung angestellte Versuche mit neutralem Fett, Wasser, einer kleinen Menge Chlornatrium und etwas Eiweiss in

1) Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 473. 1877.

2) Vgl. Chem. u. Stoffw. d. Muskeln. S. 203.

Druckflaschen erhitzt gezeigt haben. Die frei gewordenen, kohlenstoffarmen, lösliche Barytsalze bildenden Fettsäuren müssen die Milchsäure unbedingt vermehren. • Böhm hat sich gegen einen solchen Fehler durch die Wasserbestimmungen des Zinksalzes geschützt.

Ich muss gestehen, dass mich die Ergebnisse der Böhm'schen Untersuchung sehr frappirt haben, da bis dahin Alles für eine Entstehung der Milchsäure aus den Kohlehydraten der Muskeln gesprochen hatte. Man denke nur daran, dass diejenigen Muskeln, welche den grössten Glykogengehalt haben, auch diejenigen sind, welche am meisten Säure bilden bei der Erstarrung, dass ferner die schliesslich, noch vor Beginn der eigentlichen Fäulniss, verschwundenen Kohlehydrate die gebildete Säure vollständig decken u. dgl. m. Wie wenig gewichtig übrigens ein von Böhm auf die Verschiedenheit der Fleisch- und Gährungsmilchsäure sich stützender Einwurf ist, darüber habe ich mich früher schon ausgesprochen.[1]) Böhm ist nun am meisten geneigt, von dem Eiweiss die Milchsäure abzuleiten. Das ist auch gewiss das nächstliegende. Mir fiel, als ich den betreffenden Passus las, sofort das Auftreten der Fleischmilchsäure im Harn bei der acuten Phosphorvergiftung ein, die ja mit einer mächtigen Eiweisszersetzung verknüpft ist. Ich habe auch weiter schon Versuche gemacht, ob aus Eiweiss durch Behandlung mit Salzsäure, mit Chromsäure, sowie mit übermangansaurem Kali und endlich durch Fäulniss, Milchsäure zu gewinnen sei. Die negativen Resultate dieser Versuche sind natürlich ebenso wenig gegen die obige Annahme in das Feld zu stellen, wie unsere Unfähigkeit, im Laboratorium Harnstoff aus Eiweiss zu bilden, gegen dessen Abstammung aus Eiweiss Zeugniss ablegen kann. Zur endgültigen Entscheidung über die Abstammung der Milchsäure bedarf es natürlich noch sehr eingehender und sicher mühsamer Untersuchungen. Behält die Eiweisstheorie Recht, so steht es schlecht mit der oben mitgetheilten Säuerung der Alkoholmuskeln: die geronnenen Eiweisskörper können da nicht mehr in Betracht kommen, es bleibt nur

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln. S. 295.

eine Pilzwirkung übrig. Freilich stellt Warren [1]) eine Milchsäuregährung aus Glykogen mit Muskelbrei entschieden in Abrede.

Was aus den bei der Starre verschwindenden Kohlehydraten wird, ist ganz unklar. Um die gebildete Kohlensäure zu decken, genügt schon ein geringer Theil derselben.

III. Der Stoffwechsel.

Constant ist bei dem Stoffwechsel der Muskeln, sowohl in der Ruhe wie in der Thätigkeit, Kohlensäurebildung und Glykogenzersetzung, constant ist ferner bei der Thätigkeit die Säuerung. Diese Glykogenzersetzung darf sicher auch als Instanz gegen die Auffassung desselben Vorganges als Fäulnissprocess bei der Erstarrung in das Feld geführt werden. Ich bin keineswegs dafür, die Analogie zwischen Thätigkeit und Starre allzuweit zu treiben, aber in vielen Beziehungen lässt sie sich doch auch nicht wegleugnen. Wie der Stoffwechsel in der Ruhe sich von dem in der Thätigkeit nur dadurch unterscheidet, dass dort der Ersatz dem Verbrauch gleich ist, ihn sogar übertreffen kann, hier der Verbrauch den Ersatz überwiegt, so ist in dem erstarrenden Muskel der Verbrauch noch geringer als in dem ruhenden, aber der Ersatz auch gleich Null.

Auf diese wenigen Worte muss ich mich hier beschränken, kann mich nicht in eine Kritik des vorhandenen Beobachtungsmaterials über den Verbrauch von Kohlehydraten bei der Thätigkeit einlassen, die ein genaues Eingehen in alle Einzelheiten und eine Berücksichtigung der ähnlichen Vorgänge in der Leber, einer Reihe von Erscheinungen beim Diabetes, sowie der Entstehung des Glykogens erfordert. Die Frage nach der Muskelsäuerung ist eine ganz andere geworden, seitdem Astaschewsky [2]) sowie Warren [3]) eine Abnahme der Milchsäure bei der Thätigkeit constatirt haben. Die Aufgabe, die Abstammung der

1) Warren, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. S. 391. 1881.

2) Astaschewsky, Zeitschr. f. physiol. Chem. IV. S. 397. 1880.

3) Warren, Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. S. 391. 1881.

Milchsäure im Muskel festzustellen, bleibt natürlich; sind die Kohlehydrate aber bei der Starre nicht die Muttersubstanz der Milchsäure, so sind sie es wohl überhaupt nicht.

IV. Natur der chemischen Processe.

Mit einem Ferment- oder Gährungsvorgang habe ich seiner Zeit auf Grund der damals vorliegenden Thatsachen geglaubt vergleichen oder sogar identificiren zu dürfen die Erstarrung des Muskels und den mit einem Verbrauch von chemischer Spannkraft und einem Freiwerden von lebendiger Kraft einhergehenden Theil des Stoffwechsels des ruhenden wie des thätigen Muskels.[1]) Diese Auffassung war nicht neu, sie lehnte sich an die Erklärungsversuche von DU BOIS-REYMOND[2]) und HERMANN[3]) an, sie ist auch nicht isolirt, wofür als Beispiel CL. BERNARD's[4]) Worte dienen mögen „les ferments sont en effet les agents chimiques universels de l'organisme vivant." Andererseits hat sie aber auch Entgegnung gefunden; so insbesondere durch PFLÜGER[5]) und neuerdings noch durch C. VOIT.[6]) Nun ist aber vor einigen Jahren von gewichtiger Seite betont worden ein oben schon (S. 86) angedeuteter Unterschied zwischen Ferment- oder Protoplasmawirkung, oder zwischen Fermentprocess (bedingt durch sogenannte ungeformte oder chemische Fermente) und Gährung (bedingt durch niedere Organismen). „Es scheint mir jedoch zwischen der Fermentwirkung und der Hefenwirkung oder Gährung ein durchgreifender Unterschied zu bestehen", heisst es wörtlich bei NÄGELI.[7]) Dieser Punkt soll hier zunächst

---

1) Chem. u. Stoffw. d. Muskeln S. 302 u. 333. vgl. auch O. NASSE, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 138. 1875, u. XV. S. 471. 1877.

2) E. DU BOIS-REYMOND, Monatsber. d. Berl. Acad. 1859. S. 288.

3) L. HERMANN, Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln u. s. w. Berlin 1867.

4) CL. BERNARD, Leçons sur les phénomènes de la vie. Paris 1879. II. p. 132.

5) E. PFLÜGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. S. 97. 1877.

6) C. VOIT, L. HERMANN's Handb. d. Physiol. VI. 1. S. 286 ff.

7) C. v. NÄGELI. Theorie der Gährung. München 1879.

behandelt werden. Es wird am einfachsten sein, an der Hand der Auseinandersetzungen von NÄGELI selbst vorzugehen.

Zuerst bemerkt NÄGELI, der Gährung verursachende Stoff könne nicht aus den Zellen ausgezogen und dargestellt werden. Das müsste in der That als ein schwerwiegender Einwurf gelten, es ist auch nur allzu richtig, dass weder ein Alkohol- noch ein Milchsäureferment bisher hat aus der Hefe und den Milchsäure-Schizomyceten hat gewonnen werden können, aber MUSCULUS[1]) hat aus Bacterien in faulendem Urin ein Ferment extrahirt, welches den Harnstoff zersetzt, und damit ist das Eis gebrochen. Dieser Thatsache gegenüber darf der ja nicht hinwegzuleugnenden übergrossen Zahl der negativen Resultate, wie ich schon bei einer anderen Gelegenheit erörtert habe, nicht gar zu viel Werth beigemessen werden. Es ist nicht bloss eine leere Ausflucht, wenn ich sage, die Methoden zur Darstellung der Fermente mögen wohl bis jetzt zu unvollkommen gewesen sein, denn unvollkommen sind dieselben in der That. Wir benutzen zur Extraction und ganz besonders zur Reinigung der Fermente Mittel, welche, wie ich weiter unten noch zeigen werde, die Fermente stets schädigen müssen. Auch ist es wohl nicht gleichgültig, unter welchen Verhältnissen die niederen Organismen in Arbeit genommen werden; am günstigsten denke ich mir die Zeit, zu welcher das Nährmaterial vollständig aufgezehrt ist, früher muss die Verbindung des Fermentes mit dem Substrat die Extraction des ersteren sehr erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen. Doch damit noch nicht genug. Auch auf die Prüfung der isolirten Substanz, des muthmaasslichen Fermentes, auf seine Wirksamkeit ist nicht genügende Sorgfalt verwendet worden. Fermente von gleicher Wirkung bedürfen möglicher Weise ganz verschiedener Zusätze von Salzmolekülen oder verschiedener Gase, um ihre Wirkung zu entfalten, von den günstigsten Temperaturen noch ganz abgesehen.

Wie bedeutend dieser Einfluss fremder Moleküle ist, wie z. B. durch gewisse Gasarten Fermentprocesse sogar vollständig gehemmt werden können, das haben die früher von mir mitgetheilten, über verschiedene

1) MUSCULUS, Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 214. 1876.

Fermente sich erstreckenden Beobachtungen gelehrt. Wie es mir scheinen will, muss man bei den Störungen in den Zersetzungen im Körper, wie wir sie nach Einführung ganz verschiedenartiger anorganischer und organischer Verbindungen, sowie auch von Elementen, oder nach der Entziehung dem Körper normal zustehender Stoffe (wie z. B. Sauerstoff) eintreten sehen, an diese Sensibilität der Fermente stets mit denken. Ich kann nicht umhin, die bisherigen Erklärungsversuche der Wirkung von Phosphor, arseniger Säure u. s. w. für zu einseitig zu bezeichnen, und halte eine Verfolgung von Fermentprocessen bei Anwesenheit dieser Körper für dringend geboten. Aber auch unter physiologischen Verhältnissen verlaufen die Zersetzungen bekanntlich verschieden, so wird u. a. manchmal viel Eiweiss zersetzt und dabei wenig Fett angegriffen; diese Mannigfaltigkeiten lassen sich nach Voit's Meinung nicht verstehen unter der Annahme, dass in den Zellen abgelagerte ungeformte Fermente die Ursache der Zersetzungen sind, mir aber sind sie im Gegentheil gerade leicht erklärlich, sobald man nur noch die sicher nicht sehr gewagte weitere Hypothese macht, dass die verschiedenen Fermente der Zelle auf Einflüsse verschiedener Art (wie Sauerstoffmangel, Kohlensäureanhäufung, Wassermangel oder -Anhäufung etc.) auch verschieden reagiren, etwa, um bei jenem Beispiel zu bleiben, das Eiweiss zersetzende Ferment Unterstützung findet, das Fett zerlegende dagegen Hemmung.

Dass man nicht in den Fehler verfallen darf, von den isolirten Fermenten der Zellen dieselben Wirkungen zu erwarten, wie sie die Zelle selbst hervorzubringen vermag, das versteht sich von selbst. Die Endproducte des Chemismus der Organismen, der thierischen zunächst, entstehen ja nicht bloss durch sogenannte hydrolytische Spaltungen, sondern ausserdem durch Reductionen, Oxydationen und Synthesen.

Nach dieser kleinen Abschweifung, in welcher die Identität der Fermenttheorie mit der Protoplasmatheorie bereits als bewiesen angenommen ist, wenden wir uns den Nägeli'schen Ausführungen wieder zu. Die Gährungen stehen nach Nägeli zunächst in physiologischer Beziehung im Gegensatz zu den Fermenten. Von den beiden hervorzuhebenden Momenten betrifft das eine die räumlichen Verhält-

nisse. NÄGELI sagt: „Die Ursache, welche Gährung bedingt, ist untrennbar mit der Substanz der lebenden Zelle, d. h. mit dem Plasma verbunden. Gährung findet nur in unmittelbarer Berührung mit dem Plasma, und soweit die Molekularwirkung desselben reicht, statt. Will der Organismus in Räumen und auf Entfernungen, auf die er keine Macht durch die Molekularkräfte der lebenden Substanz auszuüben vermag, chemische Processe beeinflussen, so scheidet er Fermente aus. Die letzteren sind besonders thätig in Hohlräumen des thierischen Körpers, im Wasser, in welchem Pilze leben, in plasmaarmen Zellen der Pflanzen. Es ist selbst sehr fraglich, ob der Organismus jemals Fermente bilde, welche innerhalb des Plasmas wirksam sein sollen: denn hier bedarf er ihrer nicht, weil ihm in den Molekularkräften der lebenden Substanz viel energischere Mittel für chemische Wirkung zu Gebote stehen." Die Wirkung der Molekularkräfte der lebenden Substanz ist das, was ich oben kurz Protoplasmawirkung genannt habe und auch weiter so nennen werde. Darf man aber den so vielfach in den Organen gefundenen Fermenten alle Bedeutung absprechen? Auch wenn wir auf Fermente stossen, die wie Pepsin bei der gewöhnlich herrschenden Alkalescenz der Gewebssäfte nicht wirken können, sollten wir uns, anstatt sie ohne Weiteres für bedeutungslos zu erklären, weil uns die Bedingungen für ihre Thätigkeit nicht gleich erfüllt erscheinen, lieber veranlasst sehen, zu prüfen, ob nicht etwa schon Kohlensäure genüge, das Pepsin wirkungsfähig zu machen (KRUKENBERG[1]), oder ob nicht zeitweise sogar fixe Säuren innerhalb der Gewebe frei werden, wozu trotz scheinbarer Alkalescenz der Säfte doch sicher stets die Möglichkeit gegeben ist.[2]) Mit Recht setzt daher auch KRUKENBERG[3]) die von ihm eingehend studirte celluläre Verdauung nicht

1) C. FR. W. KRUKENBERG, Untersuch. aus d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, herausg. von W. KÜHNE. II. 3. S. 273. 1878.

2) Vgl. MALY, Zeitschr. f. physiol. Chem. I. S. 174. 1877.

3) C. FR. W. KRUKENBERG, Vergl. Physiol. Studien V. S. 58. 1881, vgl. auch die früheren Arbeiten desselben Verfassers: Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelb. II. 3. S. 273, 338 und 366. 1881. Vergl. Physiol. Studien. I. S. 38 u. 57. 1880, sowie 2. Reihe. I. S. 139. 1882.

principiell als protoplasmatische dem enzymatisch-secretorischen Verdauungsmodus gegenüber, sondern nimmt Uebergänge zwischen beiden an. Doch es bedarf schliesslich des Hineinziehens dieser Thatsachen in unsere Besprechung gar nicht, NÄGELI scheidet selbst nicht so streng, lässt ja die Fermente in plasmaarmen Pflanzenzellen wirksam sein, und von diesen zu den plasmareichen sind alle Uebergangsstufen vorhanden.

Das zweite von NÄGELI hervorgehobene physiologische Moment betrifft die Bedeutung der in Frage stehenden beiden Processe für die Ernährung. Fermente sollen die Aufgabe haben, den Nährstoffen eine verwerthbarere, z. B. die lösliche Form zu geben, während die Gährwirkung gerade den entgegengesetzten Charakter habe, schlechter nährende Verbindungen erzeuge. Auch diesen Unterschied wird man nicht als einen durchgreifenden gelten lassen können, wenn man an die bis zur Bildung von Leucin und Tyrosin gehende Zersetzung der Eiweisskörper durch Trypsin (W. KÜHNE) denkt.

NÄGELI setzt dann weiter in chemischer Beziehung Fermentprocess und Gährung in Gegensatz zu einander, soweit es das mangelhafte thatsächliche Material gestatte. Die Wirkung der Fermente soll in einer einfachen Spaltung bestehen, während bei der Gährung Nebenproducte, darunter stets Kohlensäure entstehen, also ein Theil des Gährungsmaterials noch in anderer Weise zerlegt werde. Hiergegen ist einzuwenden, wie oben bereits bemerkt wurde, dass wir ja nur die Fermentvorgänge mit den entsprechenden Zersetzungen in der Zelle, nicht mit der ganzen Summe der Stoffveränderungen in ihr vergleichen wollen.

Zweitens soll die organische Contactsubstanz, wie NÄGELI das Ferment auch nennt, durch eine andere Contactsubstanz, Säuren oder Alkalien, ersetzbar sein, während die Gährung nur durch Organismen bewirkt werden könne, höchstens in einfacheren Fällen, wie bei der (wohl passend, meiner Meinung nach, als Ammoniakgährung zu bezeichnenden) Zerlegung des Harnstoffs, durch chemische Mittel hervorzubringen sei. Mit Zulassung dieses einfacheren Falles wird aber wieder die principielle Scheidung der beiden Processe unmöglich.

Endlich drittens macht NÄGELI einen Unterschied in thermochemischer Beziehung geltend: „Bei der Gährung wird Wärme frei, und es entstehen Producte, die zusammen eine geringere Menge von potentieller Energie enthalten. Bei der Fermentwirkung wird Wärme aufgenommen, die Spaltungsproducte stellen eine grössere Summe von Spannkraft dar.“ Dieser Unterschied oder, genauer gesagt, die Aufnahme von Wärme bei dem Fermentprocess ist für NÄGELI, wie er an einer anderen Stelle [1]) auseinandersetzt, sogar ein physiologisches Postulat, insofern diejenigen Verbindungen für den Assimilationsprocess geschaffen werden sollen, welche unter übrigens gleichen Umständen mehr Spannkraft enthalten. Gewissheit hierüber zu verschaffen, ist aber, wie NÄGELI selbst erklärt, nur die Verbrennungswärme im Stande, und da sprechen denn die in STOHMANN's Laboratorium nach dessen Methoden [2]) durch VON RECHENBERG [3]), sowie durch B. DANILEWSKI [4]) ermittelten Werthe, ohne Zweifel die allein zuverlässigen, gegen NÄGELI's Anschauung: stets besitzen die bei Fermentationen entstehenden neuen Producte (in summa) geringere Verbrennungswärme als die Muttersubstanz.

Nach alledem wollen mir Fermentprocesse und Gährungen, für die übrigens nach NÄGELI in einem allgemeinen Punkte, nämlich in dem molekularphysikalischen Zustandekommen, und das ist doch etwas das Wesen der Vorgänge betreffendes, Uebereinstimmung besteht, nicht verschieden von einander erscheinen. Ich bin fortwährend noch bemüht neue, Stützen für diese Anschauung zu finden. So habe ich, angeregt durch die wiederholte Bestätigung eines directen und zwar befördernden Einflusses des Lichtes auf den Stoffwechsel von Protoplasma und contractiler Substanz (MOLESCHOTT und FUBINI [5])), gemessen durch

---

1) C. v. NÄGELI, Arch. f. d. ges. Physiol. XXII. S. 310. 1880.

2) F. STOHMANN, Journ. f. pract. Chem. (2). XIX. S. 115. 1879.

3) C. v. RECHENBERG, Ueb. dieVerbrennungswärme organischer Verbindungen. Inaug.-Dissert. Leipzig 1880.

4) B. DANILEWSKI, Med. Centralbl. 1881. S. 465.

5) MOLESCHOTT u. FUBINI, MOLESCHOTT's Untersuchgn. zur Naturlehre. XII. 3. Giessen 1880.

die Kohlensäureabgabe, analoge Versuche angestellt mit Fermenten.[1]) Mischungen von Rohrzucker mit Invertin aus Bierhefe, dem in vielen Beziehungen den bekannteren anderen Fermenten an Empfindlichkeit überlegenen Fermente, wurden in gewöhnlichen weissen Probirröhrchen sowie in gleich weiten Röhrchen aus schwarzem Glas (alle Gefässe noch mit kleinen Porzellandeckeln verschlossen) digerirt, und die Digestion durch Erhitzen des Wasser in dem gemeinschaftlichen Wasserbad zum Kochen unterbrochen. In einer Reihe von Fällen hat sich die Inversion in den dunklen Gefässen in nicht unbeträchtlichem Grade beschleunigt gezeigt, aber es sind andererseits auch gelegentlich Beschleunigungen durch das Licht zur Beobachtung gekommen. Es ist mir nach diesen Versuchen ein Einfluss des Lichtes auf den vorliegenden Fermentprocess unzweifelhaft. Die Schwankungen in den Resultaten erklären sich leicht unter der Annahme eines Lichtoptimums, entsprechend dem Temperaturoptimum, das numerisch festzustellen natürlich sehr schwer sein wird. Es liegt für das Invertin vielleicht in der Mitte zwischen grösster Helligkeit und vollkommener Dunkelheit. Absolute Hemmung scheint die Inversion bei keinem Belichtungsgrade zu finden, bei genügender, nur über eine kleine Reihe von Stunden sich erstreckender Digestion findet sich stets der gesammte Rohrzucker invertirt. Es ist natürlich möglich, dass es Fermente gibt, die für Belichtung viel empfindlicher sind als Invertin. Ich denke, zur Verfolgung dieses Gegenstandes würden sich am meisten die Fermente der höheren Pflanzen empfehlen. Die Zersetzungen in der Pflanze werden ja offenbar durch das Licht direct gehemmt.

Wenn in dem Muskel, so sind natürlich auch in allen anderen Geweben die Zersetzungen durch Fermente veranlasst, die Isolirung der Fermente aus den Geweben wird immer mehr dringendes Bedürfniss. Die Fermente der Gewebe können die nämlichen sein, wie die der Drüsensecrete, aber neben diesen müssen noch andere vorhanden sein, denn wir kennen, um nur bei dem Nächstliegenden zu bleiben und

---

1) Bereits mitgetheilt in der Sitzung der naturforsch. Gesellsch. zu Halle am 29. Mai 1880. Bericht über die Sitzungen etc. Halle 1880. S. 60.

zu bereits Besprochenem zurückzukehren, kein Ferment der Verdauungssäfte, welches, wie das (hypothetische) Ferment der Leber und des Muskels, aus Glykogen Traubenzucker bilden kann (vgl. oben S. 85). Die Verschiedenheit des Muskelfermentes von dem Kohlehydratferment des Pankreas sowie von Ptyalin ist auch von J. Munk [1]) bereits nachgewiesen. Ganz neuerdings — mir geht, während ich dieses schreibe, das die Abhandlung enthaltende Heft zu — hat Schmiedeberg [2]), der übrigens der früheren Bestrebungen in dieser Richtung gar nicht gedenkt, aus der Niere verschiedener Thiere ein Ferment dargestellt, welches Hippursäure zu zerlegen im Stande ist. Dieses Ferment kann in seiner Thätigkeit übercompensirt werden durch synthetische Vorgänge; ich würde, um einen solchen Wechsel zu erklären, zu allererst an eine Beeinflussung des Fermentes durch verschiedene Agentien in dem oben (S. 98) ausgeführten Sinne denken. Minimale Mengen fremder Stoffe, dem Nachweis sich leicht entziehend, vermögen, wie meinen zahlreichen Versuchen mit den verschiedensten Substanzen zu entnehmen ist, die Fermentprocesse zu hemmen oder zu beschleunigen.

Ich habe mich nun noch bemüht, den Sitz der Fermente im Muskel zu bestimmen. Es sollten die aus Wasserstoffhyperoxyd frei werdenden Sauerstoffatome Guajactinctur bläuen. Zu dem Zwecke legte ich möglichst breit gestreifte Muskeln von Insekten aus Alkohol in Tinctura Guajaci und sodann in Lösung von Wasserstoffhyperoxyd. Bläuung trat auf, ganz wie in ebenso behandelten Fibrinfasern [3]), es war die Querscheibe deutlich gefärbt, und zwar stärker als der übrige Theil des Muskelelementes. Damit ist aber nichts zu machen, weil die Querscheibe sich stets am stärksten tingirt. Anders hätte die Sache gelegen, wenn sie ungefärbt geblieben wäre. Ich möchte aber doch der geringen Dimensionen der Theile des Muskelelementes wegen bezweifeln, ob überhaupt die Methode scharf genug ist, und glaube, in der isotropen Substanz frei werdende Sauerstoffatome würden das Gua-

1) J. Munk, Deutsche med. Wochenschr. 1876. S. 576.

2) Schmiedeberg, Arch. f. experiment. Pathol. XIV. S. 379. 1881.

3) Vgl. Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 204. 1870.

jacharz auch in der Querscheibe oxydiren können. Uebrigens liegt wohl kein Bedürfniss vor, die Fermente auf einen bestimmten Theil des Muskelelementes zu beschränken, ebenso wenig als einen Theil desselben als die eigentlich contractile Substanz anzusehen. Trotzdem muss ich noch einen Augenblick bei diesem Punkte verweilen, da von anderer Seite schon ein Urtheil abgegeben ist. Ich denke dabei hauptsächlich an die interessante Abhandlung von J. Bernstein „Ueber die Kräfte der lebendigen Materie".[1]) In derselben rüstet Bernstein seine, die lebende Materie constituirenden physiologischen Moleküle oder Molekeln, (unter einander chemisch differente Gruppen von Molekülen, jede einzelne aus gleichartigen chemischen Molekülen bestehend, auch wohl mit Wassermolekülen in chemischer Molekularverbindung vereinigt), direct mit Contactkräften aus, zu denen er auch die Ursachen der Fermentwirkungen rechnet. Diese Moleküle sollen ganz allgemein kleinste Krystalle sein; ein Beispiel solcher Moleküle sind die sarcous elements. Ein Theil von Bernstein's Molekülhypothese deckt sich fast vollkommen mit Nägeli's Micellartheorie; mit Bernstein den Lösungen colloidaler Substanzen die physiologischen Molekeln oder Micellen abzusprechen, sehe ich keinen Grund. Es können ja diese Lösungen auch wenigstens einen Theil der Wirkungen, welche Bernstein seinen Molekeln zuschreibt, wie insbesondere die Fermentwirkungen, hervorbringen, und es erklärt sich ferner unter der Annahme von Micellen am einfachsten die mehrfach besprochene Ausscheidung doppeltbrechender Krystalloide oder doppeltbrechender Fasern.

Gerade die Lösungen, welche noch fermentativ wirken können, sind auch wohl im Stande, uns Aufschluss zu geben über die chemische Natur der Fermente. Könnte nicht Pflüger's lebendiges Eiweiss, das in Folge seiner intramolekularen Bewegung selbst zerfällt, identisch sein mit dem Ferment, das seine Bewegung auf fremde Moleküle überträgt? Dass die vorhandenen Analysen nicht gegen die schon öfters behauptete Eiweissnatur der Fermente sprechen, ist bekannt. Viel mehr, als die Analysen, welche sich ja nicht auf chemisch reine

1) Halis 1880. Rectoratsprogramm.

Substanz beziehen, fallen für mich die Aehnlichkeiten in dem Verhalten gewissen Agentien gegenüber in das Gewicht. Man beachte zunächst die Wirkung höherer Temperaturgrade. Bei Abwesenheit von Wasser können Eiweisskörper wie Fermente weit über 100 ° C. erhitzt werden, ohne dass bemerkbare Veränderungen auftreten. Mit Wasser erwärmt, werden aber die gerinnbaren Eiweisskörper (ob auch die ungerinnbaren, weiss man nicht) sehr verändert, und verlieren die Fermente ihre Wirkungsfähigkeit. Nicht viel anders ist der Einfluss des Alkohols. Hier kommen wir auf die wiederholt berührten Unvollkommenheiten der Methoden, Fermente darzustellen. Von der Coagulation der Eiweisskörper durch Alkohol ist oben S. 35 ausführlich gehandelt worden. Mit Unrecht hat man meistens den Alkohol als für die Fermente unschädlich betrachtet. Jedem, der sich mit der Darstellung von Fermenten beschäftigt hat, ist aber die unangenehme Erfahrung nicht erspart geblieben, dass, je öfter die Lösung der Fermente mit Alkohol ausgefällt wurde, desto mehr das Präparat an Wirksamkeit verlor. Als Zeugen hierfür seien Brown und Héron [1]) citirt, die in ihrer Untersuchung über die Diastase wörtlich sagen: „Durch wiederholte Lösung in Glycerin und Fällung mit Alkohol und Aether wird die Thätigkeit des Körpers stetig verringert.“ Es folgern Brown und Héron auch schon aus dieser Thatsache, „dass die diastatische Kraft eine Function der gerinnungsfähigen Albuminoide selber ist“, eine Fassung, welche aber zu allgemein ist. Unter diesen Umständen muss es fast überflüssig erscheinen, wenn ich noch speciell Versuche anführe, die ich in Beziehung auf die Alkoholwirkung angestellt habe. Gleiche Mengen gemischten menschlichen Mundspeichels habe ich sofort über Schwefelsäure unter der Luftpumpe getrocknet und andererseits mit 98procentigem Alkohol in Berührung gelassen und schliesslich ebenfalls unter der Luftpumpe vom Alkohol befreit. Dann wurden sie in Wasser vertheilt und mit gleichen Mengen Glykogen gleich lange digerirt. Stets fand sich das Reductionsvermögen in der mit Alkoholspeichel versetzten Mischung verringert. Man kann hier freilich noch den

1) Brown u. Héron, Annal. d. Chem. u. Pharm. 199. S. 165. 1879.

Einwand erheben, dass das Ferment in den Alkoholniederschlag einfach eingeschlossen und nachher bei der Behandlung des getrockneten Niederschlages mit Wasser nicht wieder zur Lösung gekommen ist. Ganz besonders spricht aber meiner Meinung nach für die Eiweissnatur der Fermente, dass eins derselben, das Trypsin, durch Pepsin und Chlorwasserstoffsäure zerstört wird (KÜHNE). Einer Zersetzung durch Trypsin fallen aber nur eiweissartige Körper anheim.

Erklärung der Tafel-Figuren.

Die Figuren sind sämmtlich mit HARTNACK System XII und Ocular 3 auf dem Arbeitstisch gezeichnet worden. Von den beigesetzten Buchstaben bedeutet *Q* Querscheibe, *m* Mittelscheibe, *Z* Zwischenscheibe, *n* Nebenscheibe.

Fig. 1. Cypris species, frisch, ohne Präparation und ohne Zusatz. a b c drei verschiedene Grade der Dehnung (vgl. S. 52).

„ 2. Lepus cuniculus. Ringmuskel der Cardia, aus Salicylsäure (vgl. S. 64).

„ 3. Canis familiaris. Diaphragma, aus Salicylsäure (vgl. S. 64).

„ 4. Asellus aquaticus. Beinmuskel, frisch in Eiweiss (vgl. S. 64).

„ 5. Astacus fluviatilis. Scheerenmuskel, gekocht (vgl. S. 64).

„ 6. „ „ Beinmuskel, aus Salzsäure (vgl. S. 65).

„ 7. „ „ a Schwanzmuskel, b Beinmuskel, beide aus Salicylsäure (vgl. S. 69).

„ 8. Bombus terrestris. Thoraxmuskel, frisch in schwacher Jod-Jodkaliumlösung (vgl. S. 66 Anm.).

„ 9. Apis mellifica. Thoraxmuskel, frisch in 0,6 % Chlorkaliumlösung (vgl. S. 66 Anm.).

„ 10. Salpa (democratico – mucronica?). Kernhaltiges Stück einer Muskelfaser, aus Benzoësäure (vgl. S. 56).

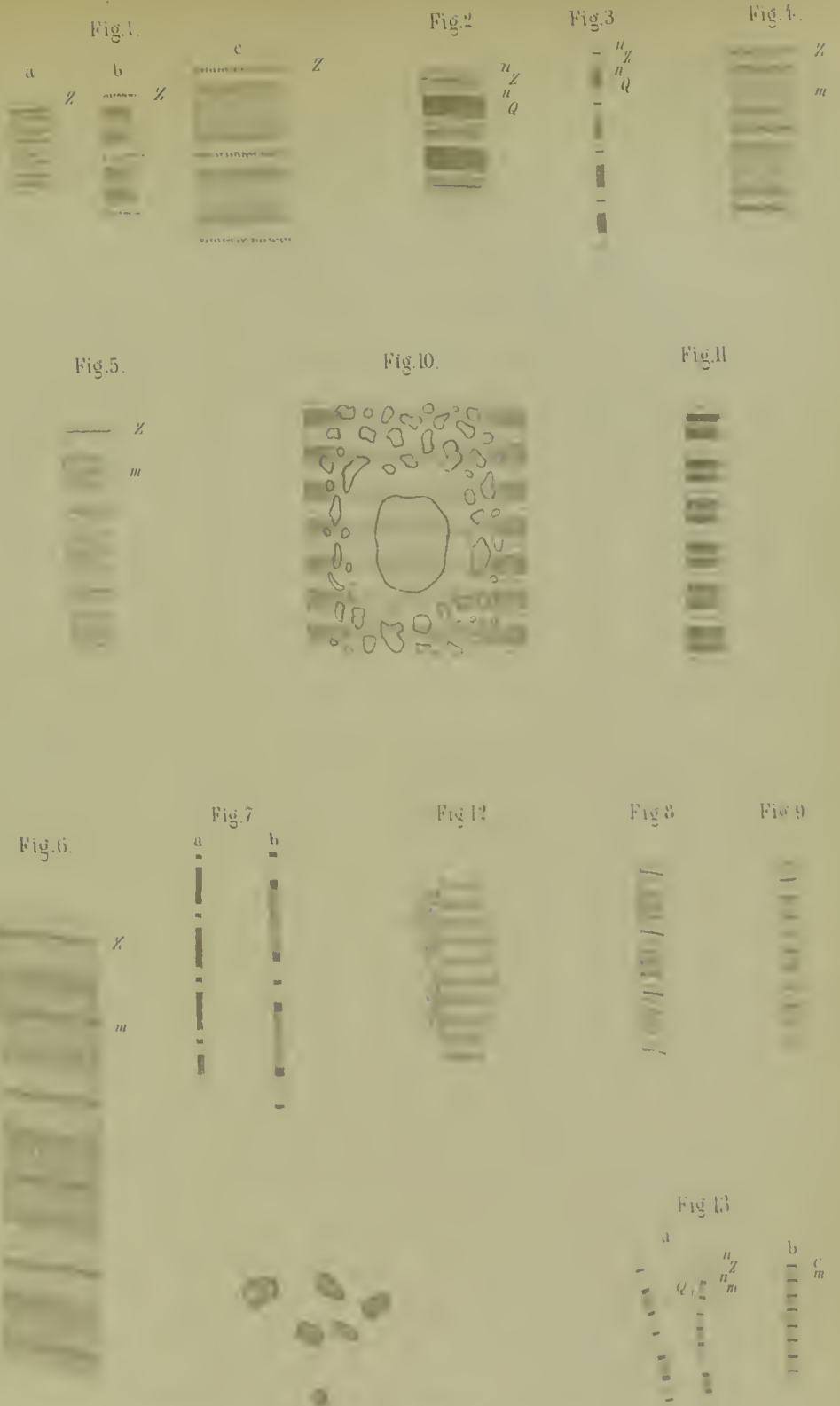
„ 11. Dasselbe. Rand einer Faser, stärker gedehnt (vgl. S. 56).

„ 12. Carmarina hastata. Muskelplatte des Schirmmuskels, aus Benzoësäure (vgl. S. 57).

„ 13. Rana esculenta. Gastrocnemius; a 2 ruhende Fasern aus Benzoësäure; b contrahirte Faser aus Salicylsäure, darin c die Contractionsscheibe (vgl. S. 18. 72 Anm.).

„ 14. Musca vomitoria. Zwischenkörner der Thoraxmuskeln; a frisch, ohne Zusatz, b in 0,6 % Chlornatriumlösung, c in Wasser (vgl. S. 6).

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.



Nasse, quergestreifte Muskelsubstanz

F.C.W.Vogel